

대구방향 5@52, S6~S10 - 상부구조

목 차

1. 설계기준
2. 단면가정
3. 바닥판 설계
 - 3.1 캔틸레버부
 - 가. 좌측 캔틸레버부
 - 나. 우측 캔틸레버부
 - 3.2 중앙부
 - 3.3 내부지점부 바닥판의 주장을 검토
4. 주형설계
 - 4.1 유효폭 계산
 - 4.2 단면가정
 - 4.3 작용하중의 산정
 - 4.4 주형의 단면력 해석
 - 가. MODELING
 - 나. 단면 제정수
 - 다. 하중재하
 - 라. 부재력 집계
 - 마. 작용하중별 부재력 집계
 - 바. 부재력 요약
 - 사. 반력 집계
 - 4.5 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토
 - 4.6 2차응력에 대한 영향 검토
 - 4.7 단면검토
 - 4.8 단면요약도
5. 이음부의 설계
 - 5.1 현장이음의 설계
 - 5.2 용접부의 검토
6. 보강재 설계
 - 6.1 FLANGE 보강재
 - 6.2 WEB 보강재
 - 6.3 지점부 보강재
 - 6.4 잭업보강재
7. 가로보 및 세로보의 설계
 - 7.1 세로보의 설계
 - 7.2 가로보의 설계
 - 7.3 세로보의 연결
 - 7.4 가로보의 연결
8. 다이아프램 검토
 - 8.1 일반부
 - 8.2 지점부
 - 8.3 지점부 다이아프램의 응력 검토
9. 전단연결재
10. 사용성 검토
 - 10.1 피로 검토
 - 10.2 처짐 검토
11. 솟음(CAMBER)
12. 신축이음 검토

1. 설계기준

1) 교량제원

- i) 교량명 : 청도교 하행 S06 - S10
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : $L = 52.000 + 52.000 + 52.000 + 52.000 + 52.000 = 260.000 \text{ m}$
- v) 교량폭원 : $B = 12.495 \text{ m}$
- vi) 주형제원 : $B = 2.600 \text{ m}$ $H = 2.400 \text{ m}$
- vii) 사 각 : 90.0°

2) 하중

i) 고정하중

(도.설 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : $W_{C1} = 25.000 \text{ kN/m}^3$
- 무근 콘크리트 : $W_{C2} = 23.500 \text{ kN/m}^3$
- 강 재 : $W_s = 78.500 \text{ kN/m}^3$
- 아스팔트 포장 : $W_a = 23.000 \text{ kN/m}^3$

ii) 활하중

(도.설 2.1.3)

- DB-24 - $P_r = 96.000 \text{ kN}$
- $P_f = 24.000 \text{ kN}$
- DL-24 - $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$
- $P_m = 108.000 \text{ kN}$
- $P_s = 156.000 \text{ kN}$
- 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$

(도.설 2.1.4)

3) 사용재료

- i) 콘크리트 : 설계기준강도 $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
탄 성 계 수 $E_c = 26701 \text{ MPa}$
- ii) 철근(SD40) : 항 복 강 도 $f_y = 400 \text{ MPa}$
탄 성 계 수 $E_s = 200000 \text{ MPa}$

iii) 강재

- 주부재 : SM490B 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400B 사용 (지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 $E_s = 210000 \text{ MPa}$

- 허용 인장 응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.1)

강 종	SS400	SM490	SM490Y	SM 570
판두께 (mm)	SM400 SMA400		SM520 SMA490	SMA 570
40 이하	140	190	210	260
40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75 초과 100 이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 축방향 압축응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.2)

강 종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판두께 (mm)				
40 이하	$140 : \ell / r \leq 20$ $140-0.84(\ell / r-20) :$ $20 < \ell / r \leq 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell / r)^2} :$ $93 < \ell / r$	$190 : \ell / r \leq 15$ $190-1.3(\ell / r-15) :$ $15 < \ell / r \leq 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell / r)^2} :$ $80 < \ell / r$	$210 : \ell / r \leq 14$ $210-1.5(\ell / r-14) :$ $14 < \ell / r \leq 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell / r)^2} :$ $76 < \ell / r$	$260 : \ell / r \leq 18$ $260-2.2(\ell / r-18) :$ $18 < \ell / r \leq 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell / r)^2} :$ $67 < \ell / r$
40 초과 75 이하	$130 : \ell / r \leq 20$ $130-0.75(\ell / r-20) :$ $20 < \ell / r \leq 97$	$175 : \ell / r \leq 15$ $175-1.1(\ell / r-15) :$ $15 < \ell / r \leq 83$	$200 : \ell / r \leq 14$ $200-1.4(\ell / r-14) :$ $14 < \ell / r \leq 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell / r)^2} :$ $78 < \ell / r$	$250 : \ell / r \leq 18$ $250-2.1(\ell / r-18) :$ $18 < \ell / r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell / r)^2} :$ $69 < \ell / r$
75 초과 100 이하	$\frac{1,200,000}{7,300+(\ell / r)^2} :$ $97 < \ell / r$	$\frac{1,200,000}{5,300+(\ell / r)^2} :$ $83 < \ell / r$	$195 : \ell / r \leq 14$ $195-1.3(\ell / r-14) :$ $14 < \ell / r \leq 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell / r)^2} :$ $79 < \ell / r$	$245 : \ell / r \leq 18$ $245-2.2(\ell / r-18) :$ $18 < \ell / r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell / r)^2} :$ $69 < \ell / r$

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 종단면의 단면회전반경 (mm)

- 허용 휨압축응력 (MPa)

① 압축플랜지가 콘크리트상판 등에 직접 고정되어 있는 경우 및 상자형 단면, Π 형 단면과 같이

횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

(도.설 표3.3.4(a))

강 종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판두께 (mm)				
40 이하	140	190	210	260
40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75 초과 100 이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

② ① 이외의 경우

(도.설 표 3.3.4(b))

강 종		SS 400 SM400 SMA 41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
판두께 (mm)					
Aw/Ac ≤ 2	40 이하	140 : $\ell/b \leq 4.5$ 140-2.4($\ell/b-4.5$): 4.5 < $\ell/b \leq 30$	190 : $\ell/b \leq 4.0$ 190-3.8($\ell/b-4.0$): 4.0 < $\ell/b \leq 30$	210 : $\ell/b \leq 3.5$ 210-4.4($\ell/b-3.5$): 3.5 < $\ell/b \leq 27$	260 : $\ell/b \leq 5.0$ 260-6.6($\ell/b-5.0$): 5.0 < $\ell/b \leq 25$
	40 초과	130 : $\ell/b \leq 5.0$	175 : $\ell/b \leq 4.0$	200 : $\ell/b \leq 4.0$ 200-4.2($\ell/b-4.0$): 4.0 < $\ell/b \leq 27$	250 : $\ell/b \leq 5.0$ 250-6.2($\ell/b-5.0$): 5.0 < $\ell/b \leq 25$
	75 이하				
	75 초과	130-2.2($\ell/b-5.0$): 5.0 < $\ell/b \leq 30$	175-3.5($\ell/b-4.0$): 4.0 < $\ell/b \leq 30$	195 : $\ell/b \leq 4.0$ 195-4.0($\ell/b-4.0$): 4.0 < $\ell/b \leq 27$	245 : $\ell/b \leq 5.0$ 245-6.0($\ell/b-5.0$): 5.0 < $\ell/b \leq 25$
Aw/Ac > 2	40 이하	140 : $\ell/b \leq 9/K$ 140-1.2(K $\ell/b-9$): 9/K < $\ell/b \leq 30$	190 : $\ell/b \leq 8/K$ 190-1.9(K $\ell/b-8$): 8/K < $\ell/b \leq 30$	210 : $\ell/b \leq 7/K$ 210-2.2(K $\ell/b-7$): 7/K < $\ell/b \leq 27$	260 : $\ell/b \leq 10/K$ 260-3.3(K $\ell/b-10$): 10/K < $\ell/b \leq 25$
	40 초과	130 : $\ell/b \leq 10/K$	175 : $\ell/b \leq 8/K$	200 : $\ell/b \leq 8/K$ 200-2.1(K $\ell/b-8$): 8/K < $\ell/b \leq 27$	250 : $\ell/b \leq 10/K$ 250-3.1($\ell/b-10$): 10/K < $\ell/b \leq 25$
	75 이하				
	75 초과	130-1.1(K $\ell/b-10$): 10/K < $\ell/b \leq 30$	175-1.75(K $\ell/b-8$): 8/K < $\ell/b \leq 30$	195 : $\ell/b \leq 8/K$ 195-2.0(K $\ell/b-8$): 8/K < $\ell/b \leq 27$	245 : $\ell/b \leq 10/K$ 245-3.0(K $\ell/b-10$): 10/K < $\ell/b \leq 25$
비 고		Aw : 복부판의 총 단면적 (mm ²) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (mm ²) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{(3+Aw/2Ac)}$			

* TMC 강재일 경우에는 판두께에 상관없이 판두께 40mm 이하에 해당하는 값을 적용한다.

- 허용 전단응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.5)

강 종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판두께 (mm)				
40 이하	80	110	120	150
40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (120)	145 (145)
75 초과 100 이하			110 (120)	140 (145)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 항 복 응 력 (MPa)

(도.설 표 3.2.3)

강 종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판두께 (mm)				
40 이하	240	320	360	460
40 초과 75 이하	220	300 (320)	340 (360)	440 (460)
75 초과 100 이하			330 (360)	430 (460)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 강재들보의 허용응력 증가율

(도.설 표 3.9.4)

하 중 의 조 합			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 강재주형과의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가 설 시 하 중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

iv) 마찰이음용 고정력 볼트 허용력 (1볼트 1마찰면 마다) (단위 : kN) (도.설 표 3.3.8)

볼트의 등급 나사호칭	F 8 T	F 10 T	S 10 T	비 고
M 20	31	39	39	
M 22	39	48	48	
M 24	45	56	56	

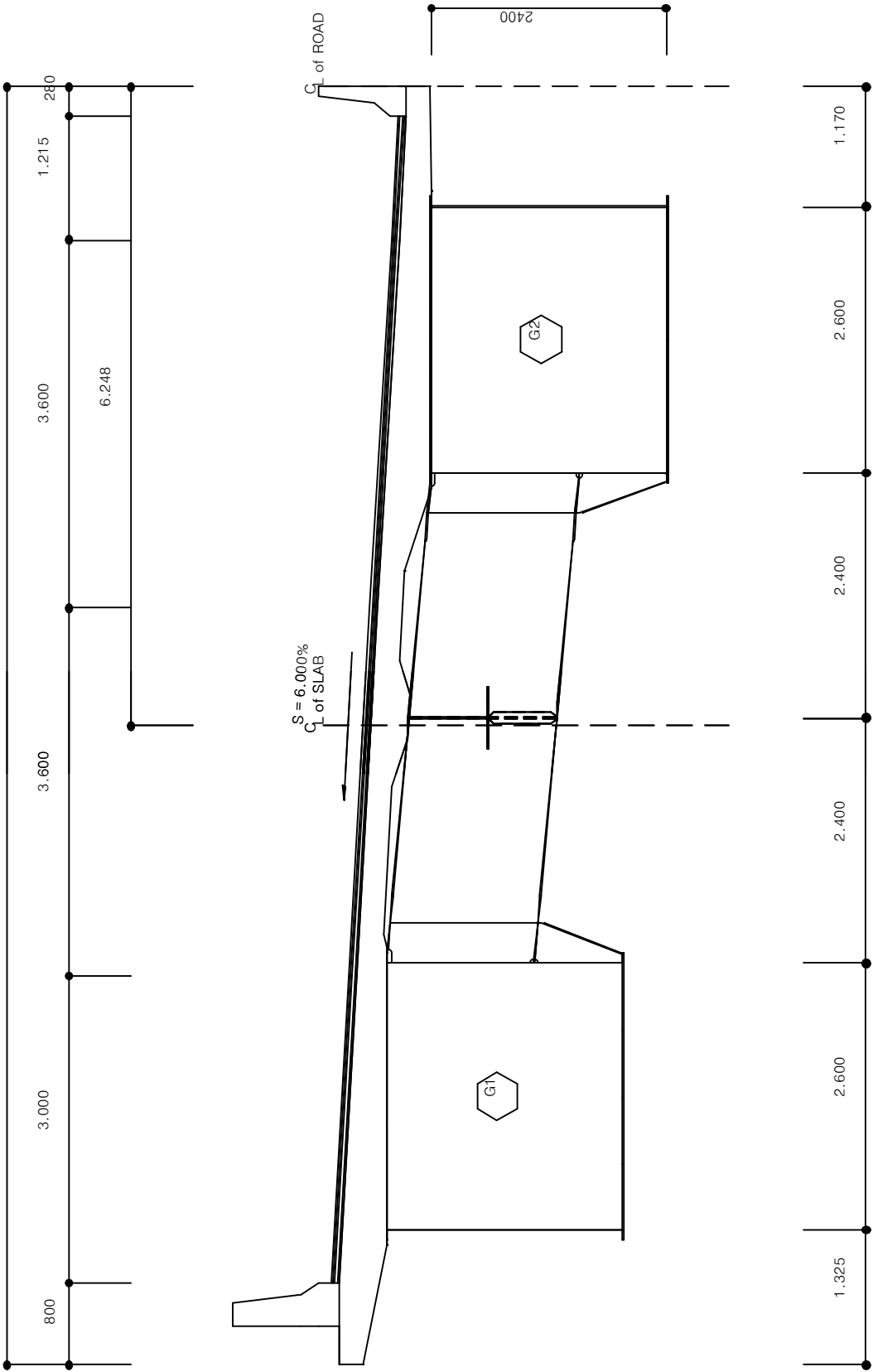
4) 설계방법

- i) 바 닥 판 : 극한강도 설계법
- ii) STEEL BOX GIRDER : 허용응력 설계법

5) 참고문헌

- i) 도로교 설계기준(2005)
- ii) 콘크리트 구조 설계기준(2003)
- iii) 도로설계 편람(2001)
- iv) 도로설계 요령(2001)
- v) 강구조 편람(1995)
- vi) 강도로교 상세부 설계지침(1997)

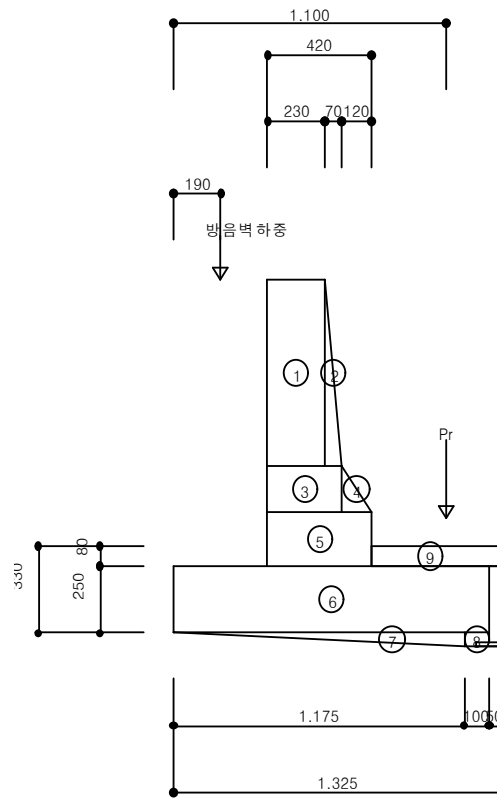
2. 단면가정



3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부

가. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.380 m
아스팔트포장 단위중량	23.000 kN/m ³	H2 =	0.205 m	L2 =	0.230 m
설계 속도	120.0 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)	1000 m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.475 m
방음벽높이	4.000 m	H6 =	0.080 m	L6 =	1.175 m
				L7 =	0.100 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	1.100 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.23 \times 0.7 \times 25 = 4.025$	0.780	3.140
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 25 = 0.613$	0.642	0.393
3	$0.3 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.745	0.978
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.555	0.146
5	$0.42 \times 0.205 \times 25 = 2.153$	0.685	1.474
6	$1.275 \times 0.25 \times 25 = 7.969$	0.638	5.080
7	$\frac{1}{2} \times 1.175 \times 0.05 \times 25 = 0.734$	0.492	0.361
8	$0.1 \times 0.05 \times 25 = 0.125$	0.050	0.006
9	$0.475 \times 0.08 \times 23 = 0.874$	0.238	0.208
10	방음벽 : 교축방향 단위 길이당 자중 = 2.070	1.085	2.246
TOTAL	20.137		14.031

$$\therefore M_d = 14.031 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.175 + 1.14 = 1.28 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.175 \text{ m}$$

충격계수

(도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.175) = 0.373 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{I+i} = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.28) \times 0.175 \times (1 + 0.3) = 17.063 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시

$$\begin{aligned} H &= (V / 60)^2 \times 7500 + 2500 \\ &= (120.000 / 60)^2 \times 7500 + 2500 = 32500.000 \text{ N/m} = 32.500 \text{ kN/m} \\ \text{작용높이 } h &= 1.080 \text{ m} \\ M_{co} &= 32.500 \times 1.080 = 35.100 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10 kN/m 의 수평하중 재하시

$$\begin{aligned} \text{작용높이 } h &= 1.080 \text{ m} \\ M_{co} &= 10.000 \times 1.080 = 10.800 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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

$$M_{co} = 35.100 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 원심하중 - 교면상 1.8 M 높이에 작용하는 것으로 한다. (도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{120^2}{1000} (\%) = 11.376 (\%)$$

$$P_{cf} = P_r / E \times 11.376 / 100 = 8.532 \text{ kN/m}$$

$$M_{cf} = 8.532 \times 1.8 = 15.358 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 풍하중 (방음벽 높이 : 4 m)

$$P_w = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 4.000 \text{ m} = 12.000 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 12.000 \text{ kN/m} \times 2.080 \text{ m} = 24.960 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

바) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu_1 &= 1.3 M_d + 2.15 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 14.031 + 2.15 \times 17.063 + 1.3 \times 15.358 = 74.892 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu_2 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 14.031 + 1.3 \times 17.063 + 1.3 \times 15.358 + 1.3 \times 35.1 \\ &= 106.018 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu_3 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 14.031 + 1.3 \times 17.063 + 1.3 \times 15.358 + 0.65 \times 24.96 \\ &= 76.612 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu_4 &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 14.031 + 1.2 \times 24.96 + 1.2 \times 35.1 = 88.910 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad Mu_5 &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 14.031 + 1.3 \times 24.96 \\ &= 50.689 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사) 캔틸레버판 단부설계 (도.설 4.7.6.4)

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

② 배력철근량: 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.

③ 배치범위: 도로교설계기준 강교판 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교판 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

아) 바닥판의 최소 두께 ($X \leq 0.25$ 인 경우) (도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (280 \cdot L + 18\{(280 \times 0.175) + 180\}) = 229 \text{ mm} > 220 \Rightarrow \underline{300 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

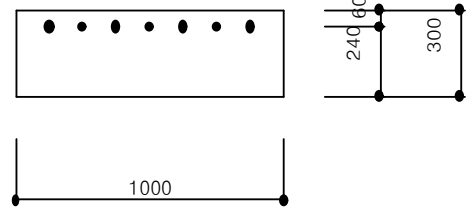
$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 106.018 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

$$d' = 60 \text{ mm} \quad d = 240 \text{ mm}$$

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



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\ &= 106018000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1367.1 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1822.8 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ H 19 @ 250 &= 1146.0 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{s\text{use}} &= 1940.4 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) : 0.0081 < P_{\max} = 0.75 \times p_b : 0.0219 \quad \text{O.K. !!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 39.788 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.820 \text{ mm} \\ jd &= d - a/2 = 223.090 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 776.160 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 776.160 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times jd = 147.181 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 106.018 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.275} = 106 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1367.104 \times 0.67 = 916.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} : 0.0020 \times b \times d = 600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 150 = 1324.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 1367.1 \text{ mm}^2 \times 2 = 2734.2 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\ \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\ \hline \text{Asuse} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 916.0 \text{ mm}^2 \times 2 = 1831.9 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 22 @ 150} &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1.275m) 이상 — 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$$t_{\min} = L / 10 = 1275.0 / 10 = 127.50 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{\max} = 53.940 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 14.031 + 17.063 + 15.358 + 7.488 \\ &= 53.940 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$n = E_s / E_c = 43 / \sqrt{f_{ck}} = 8$$

$$p = A_s / b d = 1940 / (1000 \times 240) = 0.0081$$

$$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0647 + \sqrt{\{(0.0647)^2 + 2 \times 0.0647\}} = 0.3008$$

$$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.301 / 3) = 0.900$$

$$f_{s\max} = \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{53.940 \times 1000000}{0.0081 \times 1000 \times 0.900 \times 240^2}$$

$$= 128.733 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

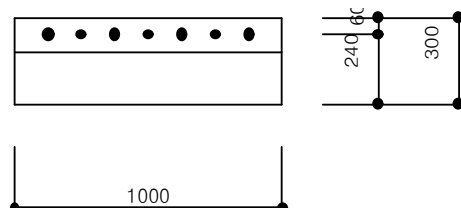
$$A = b \cdot h / 8 \quad EA = 1000 \times 120 / 8 = 15000.0 \text{ mm}^2$$

A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈
유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

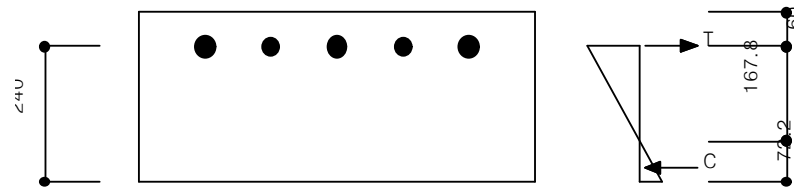
$$\textcircled{2} \quad \omega_a = 0.0050 \times t_c \quad (\text{철근 콘크리트 일반 환경 조건})$$

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

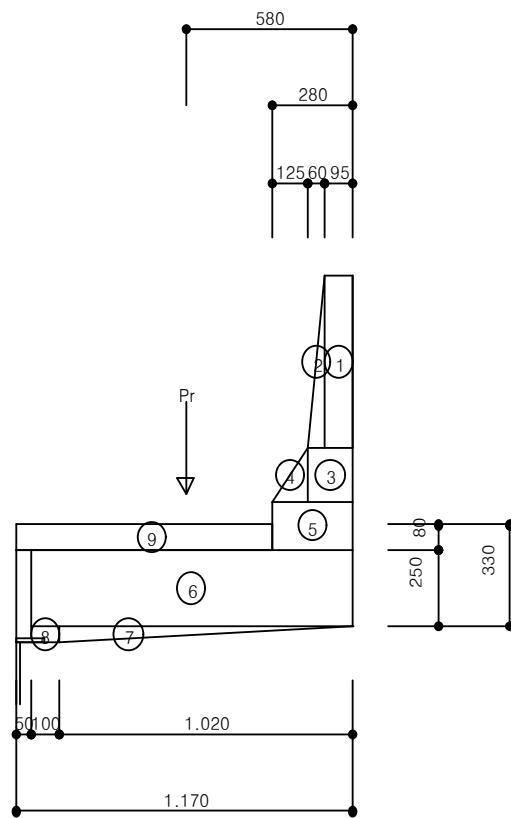
$$\textcircled{4} \quad \omega_a = 0.0050 \times 51 = 0.253 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\frac{d_c \times A}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.36 \times 128.733 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 15000.0}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 0.182 \text{ mm} < \omega_a = 0.253 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

여기서, β_c = 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리
 $= 227.8 / 167.8 = 1.36$



나. 우측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.095 m
아스팔트포장 단위중량	23.000 kN/m³	H2 =	0.155 m	L2 =	0.060 m
설계 속도	120.0 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.125 m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	96.000 kN	H4 =	0.560 m	L4 =	0.840 m
곡선 반경 (R)	1000 m	H5 =	0.300 m	L5 =	1.020 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.100 m
				L7 =	0.050 m
				L8 =	0.580 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.095 \times 0.56 \times 25 = 1.330$	1.073	1.426
2	$\frac{1}{2} \times 0.06 \times 0.56 \times 25 = 0.420$	1.005	0.422
3	$0.155 \times 0.175 \times 25 = 0.678$	1.043	0.707
4	$\frac{1}{2} \times 0.125 \times 0.175 \times 25 = 0.273$	0.923	0.252
5	$0.28 \times 0.155 \times 25 = 1.085$	0.980	1.063
6	$1.12 \times 0.25 \times 25 = 7.000$	0.560	3.920
7	$\frac{1}{2} \times 1.02 \times 0.05 \times 25 = 0.638$	0.440	0.281
8	$0.1 \times 0.05 \times 25 = 0.125$	0.050	0.006
9	$0.84 \times 0.08 \times 23 = 1.546$	0.420	0.649
TOTAL	13.095		8.727

$$\therefore M_d = 8.727 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.54 + 1.14 = 1.572 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.540 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.54) = 0.37 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{I+I} = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.572) \times 0.54 \times (1 + 0.3) = 42.870 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시

$$H = (V / 60)^2 \times 7500 + 2500$$

$$= (120.000 / 60)^2 \times 7500 + 2500 = 32500.000 \text{ N/m} = 32.500 \text{ kN/m}$$

$$\text{작용높이 } h = 1.080 \text{ m}$$

$$M_{co} = 32.500 \times 1.080 = 35.100 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10 kN/m 의 수평하중 재하시

$$\text{작용높이 } h = 0.890 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 0.890 = 8.900 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$M_{co} = 35.100 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 원심하중 - 교면상 1.8 M 높이에 작용하는 것으로 한다. (도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{120^2}{1000} (\%) = 11.376 (\%)$$

$$P_{cf} = P_r / E \times 11.376 / 100 = 6.947 \text{ kN/m}$$

$$M_{cf} = 6.947 \times 1.8 = 12.505 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 풍하중

$$P_w = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 0.810 \text{ m} = 2.430 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 2.430 \text{ kN/m} \times 0.485 \text{ m} = 1.179 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

바) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 8.727 + 2.15 \times 42.87 + 1.3 \times 12.505 = 119.772 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad M_{u2} &= 1.3 M_d + 1.3 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 8.727 + 1.3 \times 42.87 + 1.3 \times 12.505 + 1.3 \times 35.1 \\ &= 128.963 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad M_{u3} &= 1.3 M_d + 1.3 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 8.727 + 1.3 \times 42.87 + 1.3 \times 12.505 + 0.65 \times 1.179 \\ &= 84.099 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad M_{u4} &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 8.727 + 1.2 \times 1.179 + 1.2 \times 35.1 = 54.007 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad M_{u5} &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 8.727 + 1.3 \times 1.179 = 12.877 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사) 캔틸레버판 단부설계 (도.설 4.7.6.4)

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

② 배력철근량: 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.

③ 배치범위: 도로교설계기준 강교판 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교판 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

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

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230 \{ (80 \times 0.54) + 230 \}) = 273.2 \text{ mm} > 220 \Rightarrow \underline{300 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

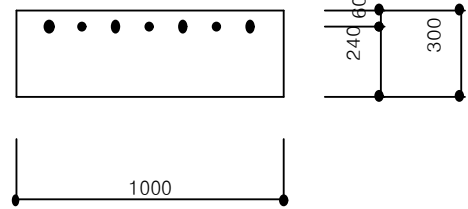
$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 128.963 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

$$d' = 60 \text{ mm} \quad d = 240 \text{ mm}$$

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



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\ &= 128963000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1683.3 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 2244.4 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ H 19 @ 250 &= 1146.0 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{s\text{use}} &= 1940.4 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) : 0.0081 < P_{\max} = 0.75 \times p_b : 0.0219 \quad \text{O.K. !!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 39.788 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.820 \text{ mm} \\ jd &= d - a/2 = 223.090 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 776.160 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 776.160 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times jd = 147.181 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 128.963 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.120} = 113 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1683.318 \times 0.67 = 1127.8 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} : 0.0020 \cdot b \cdot d = 600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 150 = 1324.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 1683.3 \text{ mm}^2 \times 2 = 3366.6 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\ \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\ \hline \text{Asuse} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 1127.8 \text{ mm}^2 \times 2 = 2255.6 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 22 @ 150} &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1.12m) 이상 --- 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$$t_{min} = L / 10 = 1120.0 / 10 = 112.0 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{max} = 64.456 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 8.727 + 42.870 + 12.505 + 0.354 \\ &= 64.456 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$n = E_s / E_c = 43 / \sqrt{f_{ck}} = 8$$

$$p = A_s / b d = 1940 / (1000 \times 240) = 0.0081$$

$$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0647 + \sqrt{\{(0.0647)^2 + 2 \times 0.0647\}} = 0.3008$$

$$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.301 / 3) = 0.900$$

$$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{64.456 \times 1000000}{0.0081 \times 1000 \times 0.900 \times 240^2}$$

$$= 153.829 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

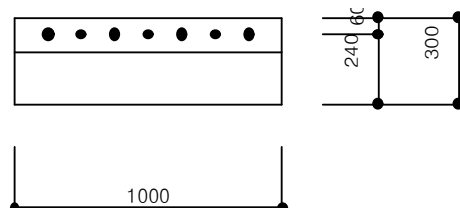
$$A = b \cdot h / 8 \quad EA = 1000 \times 120 / 8 = 15000.0 \text{ mm}^2$$

A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈
유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

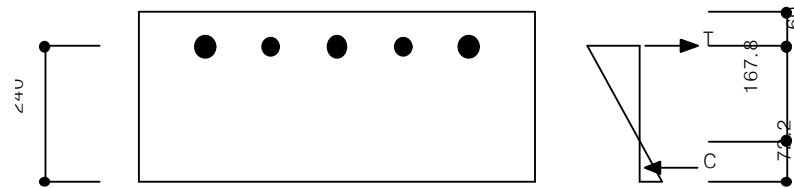
$$\textcircled{2} \quad \omega_a = 0.0050 \times t_c \quad (\text{철근 콘크리트 일반 환경 조건})$$

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

$$\textcircled{4} \quad \omega_a = 0.0050 \times 51 = 0.253 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\frac{d_c \times A}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.36 \times 153.829 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 15000.0}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 0.218 \text{ mm} < \omega_a = 0.253 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

여기서, β_c = 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리
 $= 227.8 / 167.8 = 1.36$



3.2 중앙부

가. 중앙지간부

가) 고정하중

$$\text{철근콘크리트} : 0.250 \text{ m} \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{아스팔트포장} : 0.080 \text{ m} \times 23.000 \text{ kN/m}^3 = 1.840 \text{ kN/m}^2$$

$$W_d = 8.090 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{계산지간 } L = 2.600 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 5$$

$$M_d = (1/10) \cdot W_d \cdot L^2 = (1/10) \times 8.09 \times 2.6^2 = 5.469 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : Pr : 96.0 kN)

$$\text{충격계수} \quad (\text{☞ 도.설 2.1.4})$$

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.6) = 0.352 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{I+i} = ((L+0.6) / 9.6) \cdot Pr \cdot (1+i) = ((2.6 + 0.6) / 9.6) \times 96 \times (1 + 0.3) = 41.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{연속바닥판이므로,} \quad (\text{☞ 도.설 3.6.1.4})$$

$$M_{I+i} = 0.8 \times 41.6 = 33.280 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 원심하중 (☞ 도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{120^2}{1000} (\%) = 11.376 (\%)$$

$$(P/E) L / 4 = (L + 0.6) P / 9.6$$

$$\therefore E = 2.4 L / (L + 0.6) = 1.950$$

$$P_{cf} = Pr / E \times 11.376 / 100 = 5.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{cf} = 5.600 \times 1.8 = 10.080 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 5.469 + 2.15 \times 33.28 + 1.3 \times 10.08 = 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

마) 바닥판의 최소 두께 (☞ 도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (30 \cdot L + 130) = \{ (30 \times 2.6) + 130 \} = 208 \text{ mm} < 220 \text{ mm} \Rightarrow \underline{250 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

바) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

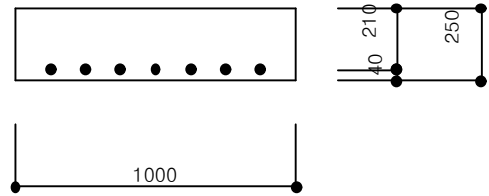
$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000.00 \text{ mm} \quad h = 250.00 \text{ mm}$$

$$d' = 40.00 \text{ mm} \quad d = 210.00 \text{ mm}$$

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



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

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

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -2.96 A_s^2 + 71400 A_s$$

$$= 91766000$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1362.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1816.33 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 420.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 735.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 682.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 250 = 794.40 \text{ mm}^2$$

$$H 16 @ 250 = 794.40 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{use}} = 1588.8 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0076 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad 0.K. !!$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / 0.85 \times f_{ck} \times b = 27.692 \text{ mm}$$

$$j d = d - a/2 = 196.154 \text{ mm}$$

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

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 105.961 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K.$$

· 배력철근의 계산 (도.설 3.6.1.4)

배력철근의 주철근에 대한 백분율 $120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.600} = 74 \% > 67 \%$

$A_s \times 67\% = 1362.247 \times 0.67 = 912.7 \text{ mm}^2$

수축 · 온도철근량 : $0.0020 \cdot b \cdot l = 500.0 \text{ mm}^2$

USE **H 13 @ 150** = 844.7 mm^2 N.G. !!

② 중앙지간 단부

[Req'd d&As]

들보단부이외의 중간지간의 바닥판에 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

Req'd d&As = $1362.2 \text{ mm}^2 \times 2 = 2724.5 \text{ mm}^2$

USE **H 22 @ 200** = 1935.5 mm^2

H 22 @ 200 = 1935.5 mm^2

Asuse = 3871.0 mm^2 O.K. !!

[배력철근]

Req'd d&As = $912.7 \text{ mm}^2 \times 2 = 1825.4 \text{ mm}^2$

USE **H 22 @ 150** = 2580.7 mm^2 O.K. !!

[배치범위]

중앙부 바닥판의 고정하중에 대한 지간의 $\frac{1}{2}$ 이상(L=1.3m) ----> **1.500 m** 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (도.설 4.3)

$t_{min} = L / 28 = 2600. / 28 = 92.86 \text{ mm} < T = 250 \text{ mm}$ 이므로 별도의 처짐검토 필요없음.

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$M_{max} = 48.829 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$M = M_d + M_{l+i} + M_{cf} = 5.469 + 33.280 + 10.080 = 48.829 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$n = E_s / E_c = 43 / \sqrt{f_{ck}} = 8$

$p = A_s / b d = 1589 / (1000 \times 210) = 0.0076$

$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.061 + \sqrt{\{(0.061)^2 + 2 \times 0.061\}} = 0.2926$

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

$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{48.829 \times 1000000}{0.0076 \times 1000 \times 0.902 \times 210^2}$

$$= 162.167 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

$$A = b \cdot h / 8 \quad EA = 1000 \times 80 / 8 = 10000.000 \text{ mm}^2$$

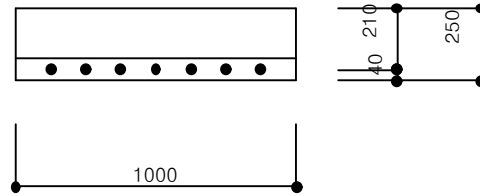
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

$$\textcircled{B} \quad \omega_a = 0.0050 \times t_c \quad (\text{철근 콘크리트 일반 환경 조건})$$

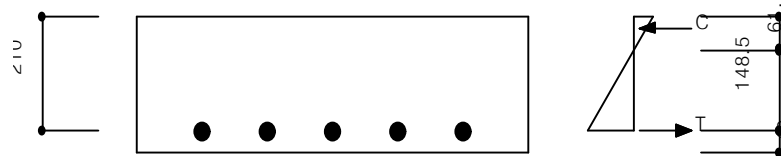
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

$$\textcircled{C} \quad \omega_a = 0.0050 \times 32 = 0.16$$

$$\begin{aligned} \textcircled{D} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{dc \times A} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.27 \times 162.167 \times \sqrt[3]{40 \times 10000.0} \times 0.00001 \\ &= 0.164 \text{ mm} > \omega_a = 0.160 \quad \therefore \text{N.G} \end{aligned}$$

여기서, β_c = 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리

$$= 188.5 / 148.5 = 1.27$$



3.3 내부지점부 주장을검토

(지점부 부모멘트 구간에 인장을 받는 바닥판 콘크리트의 교축방향 철근)

· 바닥판 콘크리트 단면적의 2% 이상 (도.설 3.9.2.3)

· 주장을 0.0045 mm / mm² 이상

$$\cdot A_c = 1000.0 \times 250.0 = 250000.0 \text{ mm}^2$$

$$\cdot A_s' = 250000.0 \times 0.02 = 5000.0 \text{ mm}^2$$

· 사용 철근량 :

$$\text{상 면 } H 22 @ 100 = 3871.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{하 면 } H 22 @ 100 = 3871.000 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 7742.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_s = 7742.000 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 5000.000 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.!!}$$

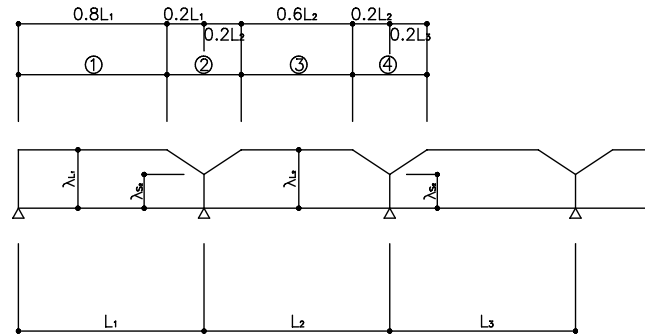
$$\begin{aligned} \cdot \text{주장을} &= \frac{\pi \times 22.2 \times 10.000 + \pi \times 22.2 \times 10.000}{250000} \\ &= 0.0056 > 0.0045 \quad \text{O.K.!!} \end{aligned}$$

4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단 지연(SHEAR LAG) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려

가) 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



상부 : 복부간격 $2b = 2.600$ m, 플랜지돌출폭 $b_e = 0.100$ m

하부 : 복부간격 $2b = 2.600$ m, 플랜지돌출폭 $b_e = 0.100$ m

$L_1 = 51.275$ m

$L_2 = 52.000$ m

$L_3 = 52.000$ m

$L_4 = 52.000$ m

$L_5 = 51.275$ m

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 41.02 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L_1 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L_1 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 41.02 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L_1 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L_1 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (51.275 + 52) = 20.655 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 20.655 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.139 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.479 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 20.655 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.139 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.479 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 31.2 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L2 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L2 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 31.2 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L2 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L2 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 20.8 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.141 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S2 + b_e) = 2.482 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 20.8 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.141 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S2 + b_e) = 2.482 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L3 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 31.2 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L3 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L3 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 31.2 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L3 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L3 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L3 + L4) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 20.8 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S3 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.141 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S3 + b_e) = 2.482 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 20.8 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S3 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.141 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S3 + b_e) = 2.482 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L4 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 31.2 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L4 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L4 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 31.2 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L4 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L4 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L4 + L5) = 0.2 \times (52 + 51.275) = 20.655 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 20.655 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S4 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.139 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S4 + b_e) = 2.479 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 20.655 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S4 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.139 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S4 + b_e) = 2.479 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L5 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 41.02 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L5 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L5 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 41.02 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

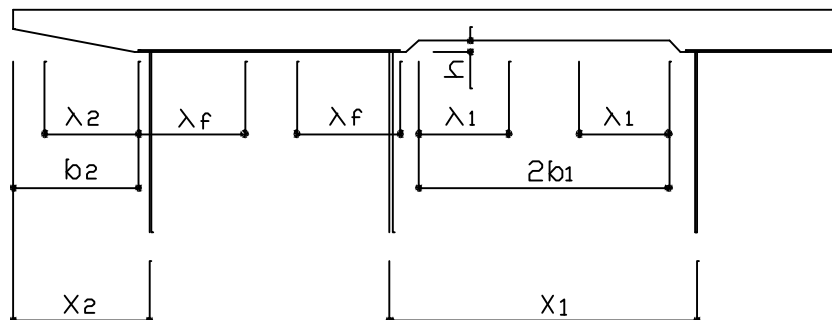
$$\lambda L5 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L5 + b_e) = 2.800 \text{ m}$$

나) 바닥판 유효폭 (도.설 3.9.2.4)

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

1) GIRDER - 1



$$\begin{aligned}
X1 &= 4.800 && \text{ : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격} \\
X2 &= 1.325 && \text{ : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리} \\
h &= 0.050 && \text{ : 현치 높이} \\
be &= 0.100 && \text{ : 플랜지의 돌출폭} \\
2b1 &= X1 - 2(be + h) = 4.8 - 2 \times (0.1 + 0.05) && = 4.500 \text{ m} \\
b2 &= X2 - be = 1.325 - 0.1 && = 1.225 \text{ m}
\end{aligned}$$

1. 제 1 지간 중앙부

$$\begin{aligned}
l &= 0.8 \times L1 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m} \\
b1 / l &= 2.25 / 41.02 = 0.055 \\
\text{여기서, } 0.05 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
\lambda 1 &= \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.228 \text{ m} \\
b2 / l &= 1.225 / 41.02 = 0.030 \\
\text{여기서, } b/l &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
\lambda 2 &= b = 1.225 \text{ m} \\
\text{슬래브 유효폭} \\
B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.303 \text{ m}
\end{aligned}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$\begin{aligned}
l &= 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (51.275 + 52) = 20.655 \text{ m} \\
b1 / l &= 2.25 / 20.655 = 0.109 \\
\text{여기서, } 0.02 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
\lambda 1 &= \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.721 \text{ m} \\
b2 / l &= 1.225 / 20.655 = 0.059 \\
\text{여기서, } 0.02 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
\lambda 2 &= \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.085 \text{ m} \\
\text{슬래브 유효폭} \\
B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.335 \text{ m}
\end{aligned}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$\begin{aligned}
l &= 0.6 \times L2 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m} \\
b1 / l &= 2.25 / 31.2 = 0.072 \\
\text{여기서, } 0.05 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
\lambda 1 &= \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m} \\
b2 / l &= 1.225 / 31.2 = 0.039 \\
\text{여기서, } b/l &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
\lambda 2 &= b = 1.225 \text{ m} \\
\text{슬래브 유효폭} \\
B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.225 \text{ m}
\end{aligned}$$

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.225 / 20.8 = 0.059$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.087 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.344 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L3 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.225 / 31.2 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.225 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.225 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L3 + L4) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.225 / 20.8 = 0.059$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.087 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.344 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L4 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.225 / 31.2 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.225 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.225 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_4 + L_5) = 0.2 \times (52 + 51.275) = 20.655 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 20.655 = 0.109$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.721 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.225 / 20.655 = 0.059$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.085 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.335 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_5 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 41.02 = 0.055$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.228 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.225 / 41.02 = 0.030$$

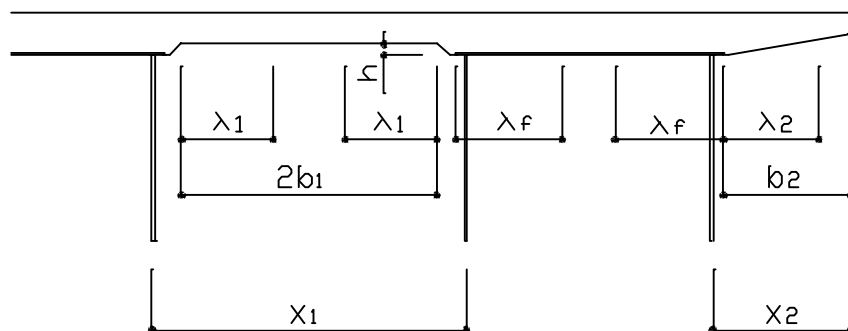
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.225 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.303 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



$$\begin{aligned}
 X1 &= 4.800 && : \text{인접한 GIRDER의 복부사이의 간격} \\
 X2 &= 1.170 && : \text{외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리} \\
 h &= 0.050 && : \text{현치 높이} \\
 be &= 0.100 && : \text{플랜지의 돌출폭} \\
 2b1 &= X1 - 2(be + h) = 4.8 - 2 \times (0.1 + 0.05) && = 4.500 \text{ m} \\
 b2 &= X2 - be = 1.17 - 0.1 && = 1.070 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1. 제 1 지간 중앙부

$$\begin{aligned}
 l &= 0.8 \times L1 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m} \\
 b1 / l &= 2.25 / 41.02 = 0.055 \\
 \text{여기서, } 0.05 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
 \lambda 1 &= \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.228 \text{ m} \\
 b2 / l &= 1.07 / 41.02 = 0.026 \\
 \text{여기서, } b/l &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
 \lambda 2 &= b = 1.07 \text{ m} \\
 \text{슬래브 유효폭} \\
 B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.148 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$\begin{aligned}
 l &= 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (51.275 + 52) = 20.655 \text{ m} \\
 b1 / l &= 2.25 / 20.655 = 0.109 \\
 \text{여기서, } 0.02 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
 \lambda 1 &= \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.721 \text{ m} \\
 b2 / l &= 1.07 / 20.655 = 0.052 \\
 \text{여기서, } 0.02 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
 \lambda 2 &= \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.97 \text{ m} \\
 \text{슬래브 유효폭} \\
 B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.220 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$\begin{aligned}
 l &= 0.6 \times L2 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m} \\
 b1 / l &= 2.25 / 31.2 = 0.072 \\
 \text{여기서, } 0.05 &< b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\
 \lambda 1 &= \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m} \\
 b2 / l &= 1.07 / 31.2 = 0.034 \\
 \text{여기서, } b/l &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
 \lambda 2 &= b = 1.07 \text{ m} \\
 \text{슬래브 유효폭} \\
 B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.070 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.07 / 20.8 = 0.051$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.971 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.228 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L3 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.07 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.07 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.070 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L3 + L4) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.07 / 20.8 = 0.051$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.971 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.228 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L4 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.07 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.07 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.070 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_4 + L_5) = 0.2 \times (52 + 51.275) = 20.655 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 20.655 = 0.109$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.721 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 20.655 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.97 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.220 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_5 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 41.02 = 0.055$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.228 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 41.02 = 0.026$$

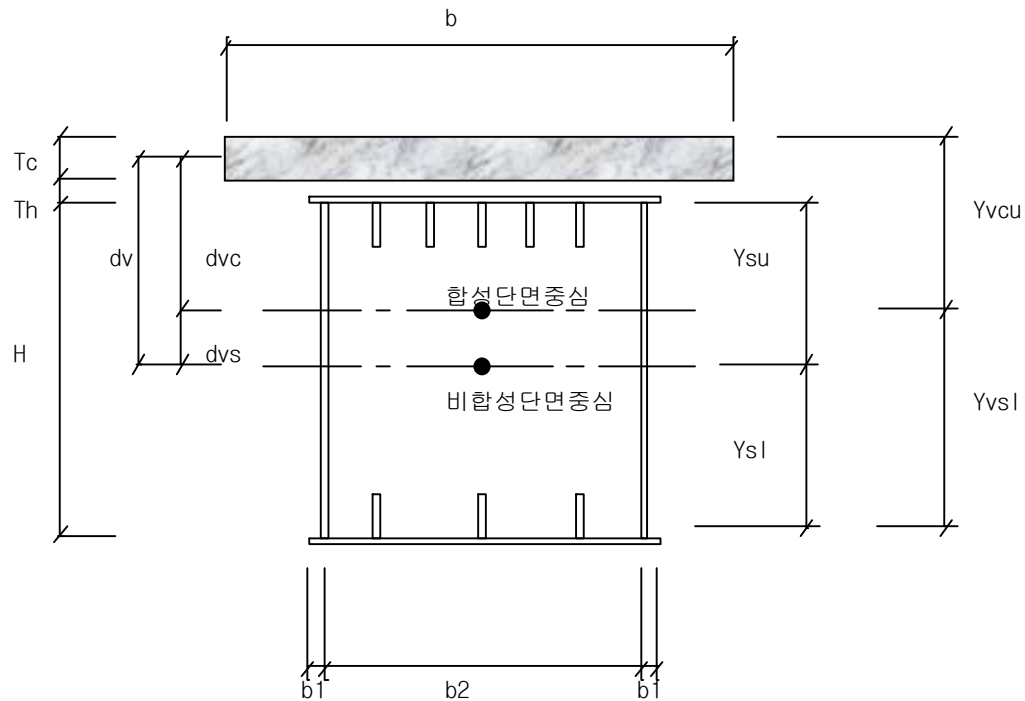
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.07 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.148 \text{ m}$$

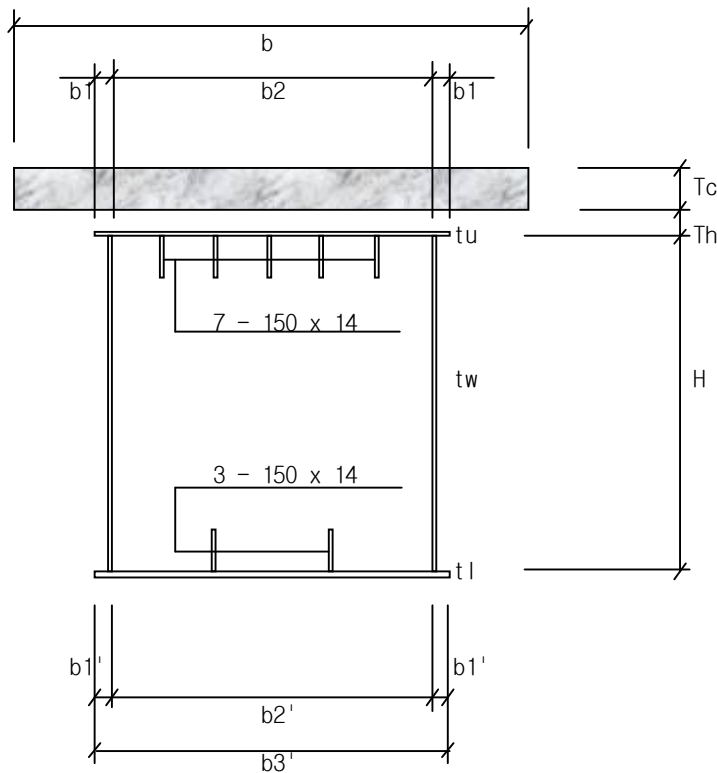
4.2 단 면 가 정



주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다. (도.설 3.9.1.2)

- 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(중방향) 단면2차모멘트
- I22 - 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트
- Iv33 - 합성후 강재단면의 3축방향(중방향) 단면2차모멘트
- Iv22 - 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

◎ 단면 < 1 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2200.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	1106.00	37161600	41100729600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1025.00	15067500	15444187500	27562500
W E B	2 - 2200.0 X 12.0	52800				21296000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1025.00	-6457500	6618937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	-1106.00	-37161600	41100729600	403200
TOTAL		141000		8610000	104264584200	21336181400

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

$$= 104264584200 + 21336181400 = 125600765600 \text{ mm}^4$$

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

$$= 8610000 / 141000 = 61.06 \text{ mm}$$

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

$$= 125600765600 - 141000 \times 61.06^2 = 125075006026 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 12 / 12) + (2800^3 \times 12 / 12) + ((2200 \times 12^3 / 12) + (2200 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 133962214400 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2200.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2212.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2212^2) / (2 \times 2212/12 + 2612/12 + 2612/12) \\
&= 166081222535 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

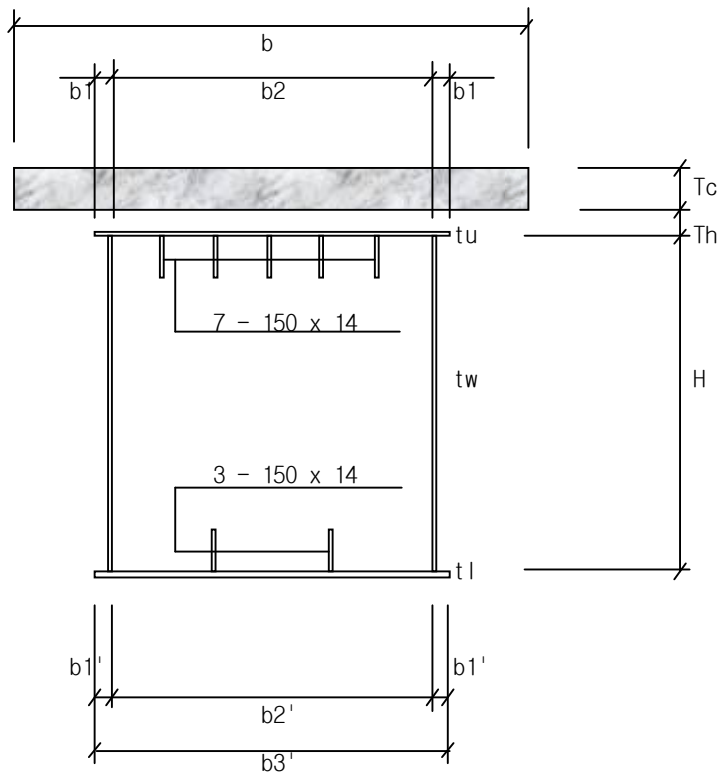
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 141000 + 1581250 / 8 = 338656 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2200.000 / 2 - 61.064 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1213.94 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1213.936 \times 141000 / 338656 = 505.42 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1213.936 - 505.424 = 708.51 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 125075006026 + 8235677083 / 8 + 141000 \times 708.512^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 505.424^2 = 247376949506 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 133962214400 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 792909032434 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2212^2) / (2 \times 2212/12 + 2612/43.25 + 2612/12) \\
&= 206469541919 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 2 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	1206.00	40521600	48869049600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	-1206.00	-40521600	48869049600	403200
TOTAL		145800		9450000	124316224200	27688181400

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

$$= 124316224200 + 27688181400 = 152004405600 \text{ mm}^4$$

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

$$= 9450000 / 145800 = 64.81 \text{ mm}$$

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

$$= 152004405600 - 145800 \times 64.81^2 = 151391905600 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 12 / 12) + (2800^3 \times 12 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 142149324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2412.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2612/12 + 2612/12) \\
&= 189610578443 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

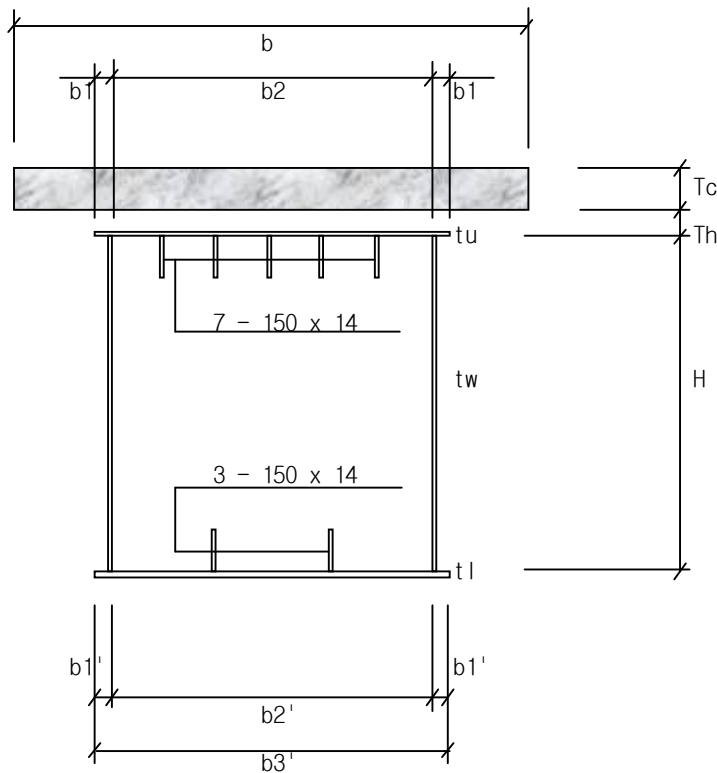
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 145800 + 1581250 / 8 = 343456 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 64.815 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1310.19 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1310.185 \times 145800 / 343456 = 556.18 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1310.185 - 556.184 = 754.00 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 151391905600 + 8235677083 / 8 + 145800 \times 754.001^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 556.184^2 = 296454369860 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 142149324800 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 801096142834 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2612/43.25 + 2612/12) \\
&= 233460754432 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 3 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	1206.00	40521600	48869049600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 18.0	50400	-1209.00	-60933600	73668722400	1360800
TOTAL		162600		-10962000	149115897000	27689139000

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

$$= 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

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

$$= -10962000 / 162600 = -67.42 \text{ mm}$$

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

$$= 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 12 / 12) + (2800^3 \times 18 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 153125324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 12.000 / 2 + 18.000 / 2 = 2415.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2612/12 + 2612/18) \\
&= 207979966678 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

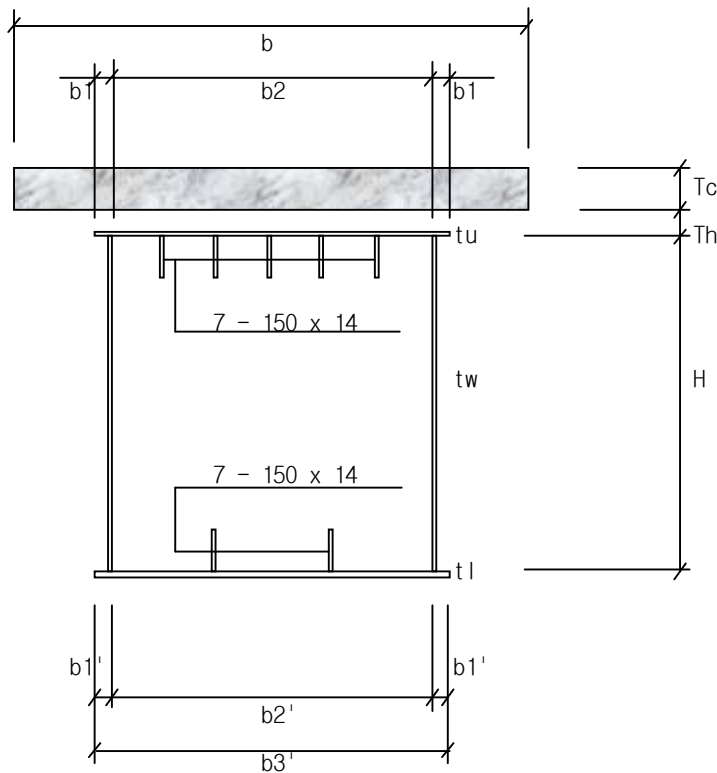
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 162600 + 1581250 / 8 = 360256 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 67.417 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1442.42 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1442.417 \times 162600 / 360256 = 651.03 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1442.417 - 651.028 = 791.39 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 176066011129 + 8235677083 / 8 + 162600 \times 791.389^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 651.028^2 = 362705405354 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 153125324800 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 812072142834 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2612/43.25 + 2612/18) \\
&= 261778542559 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 4 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 18.0	50400	1209.00	60933600	73668722400	1360800
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 18.0	50400	-1209.00	-60933600	73668722400	1360800
TOTAL		187800		0	184546819800	27705846600

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

$$= 184546819800 + 27705846600 = 212252666400 \text{ mm}^4$$

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

$$= 0 / 187800 = 0.00 \text{ mm}$$

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

$$= 212252666400 - 187800 \times 0.00^2 = 212252666400 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 18 / 12) + (2800^3 \times 18 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 164101324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 18.000 / 2 + 18.000 / 2 = 2418.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2612/18 + 2612/18) \\
&= 230168799944 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

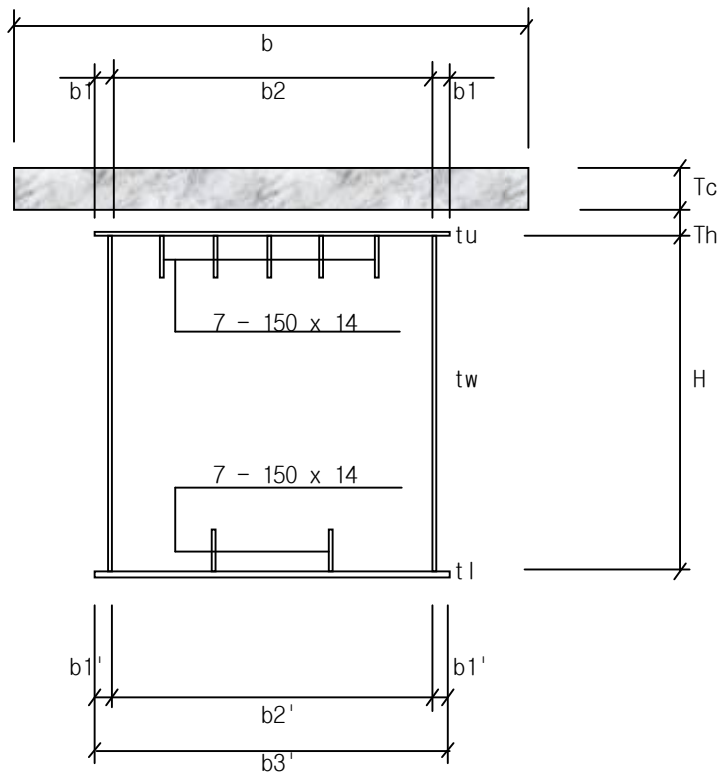
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 187800 + 1581250 / 8 = 385456 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1375.000 \times 187800 / 385456 = 669.92 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 669.920 = 705.08 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 212252666400 + 8235677083 / 8 + 187800 \times 705.080^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 669.920^2 = 395351309217 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 164101324800 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 823048142834 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2612/49.25 + 2612/18) \\
&= 265422968834 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 5 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 24.0	67200	1212.00	81446400	98713036800	3225600
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 18.0	50400	-1209.00	-60933600	73668722400	1360800
TOTAL		204600		20512800	209591134200	27707711400

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

$$= 209591134200 + 27707711400 = 237298845600 \text{ mm}^4$$

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

$$= 20512800 / 204600 = 100.26 \text{ mm}$$

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

$$= 237298845600 - 204600 \times 100.258^2 = 235242271974 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 24 / 12) + (2800^3 \times 18 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 175077324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 24.000 / 2 + 18.000 / 2 = 2421.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2421^2) / (2 \times 2421/12 + 2612/24 + 2612/18) \\
&= 243297056991 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

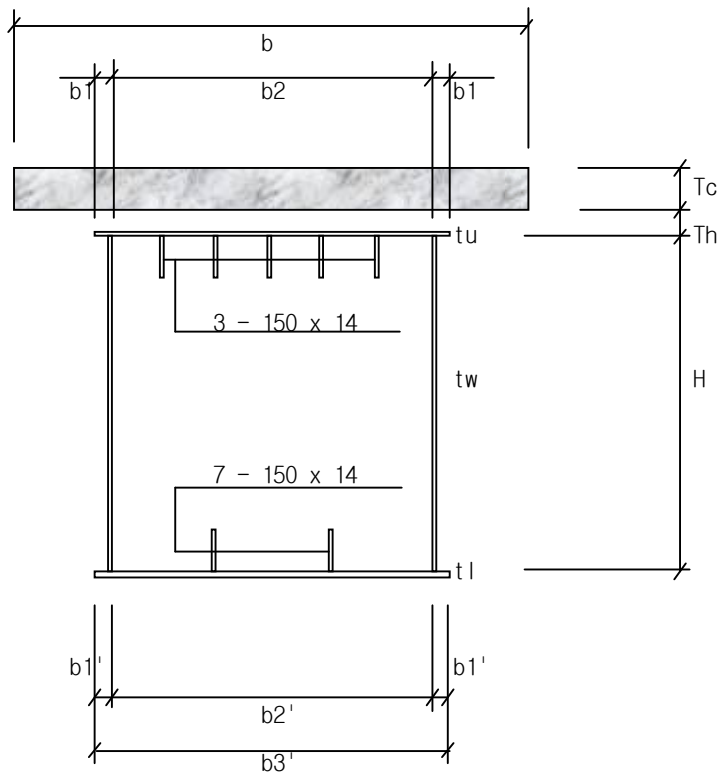
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 204600 + 1581250 / 8 = 402256 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 100.258 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1274.74 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1274.742 \times 204600 / 402256 = 648.37 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1274.742 - 648.373 = 626.37 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 235242271974 + 8235677083 / 8 + 204600 \times 626.369^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 648.373^2 = 399636321389 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 175077324800 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 834024142834 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2421^2) / (2 \times 2421/12 + 2612/55.25 + 2612/18) \\
&= 268430530930 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 6 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 32.0	89600	1216.00	108953600	132487577600	7645867
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 24.0	67200	-1212.00	-81446400	98713036800	3225600
TOTAL		235400		18057200	257778739400	27698246467

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

$$= 257778739400 + 27698246467 = 285476985867 \text{ mm}^4$$

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

$$= 18057200 / 235400 = 76.71 \text{ mm}$$

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

$$= 285476985867 - 235400 \times 76.709^2 = 284091843675 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 32 / 12) + (2800^3 \times 24 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 200687991467 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_L / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 32.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2428.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2428^2) / (2 \times 2428/12 + 2612/32 + 2612/24) \\
&= 270330785822 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

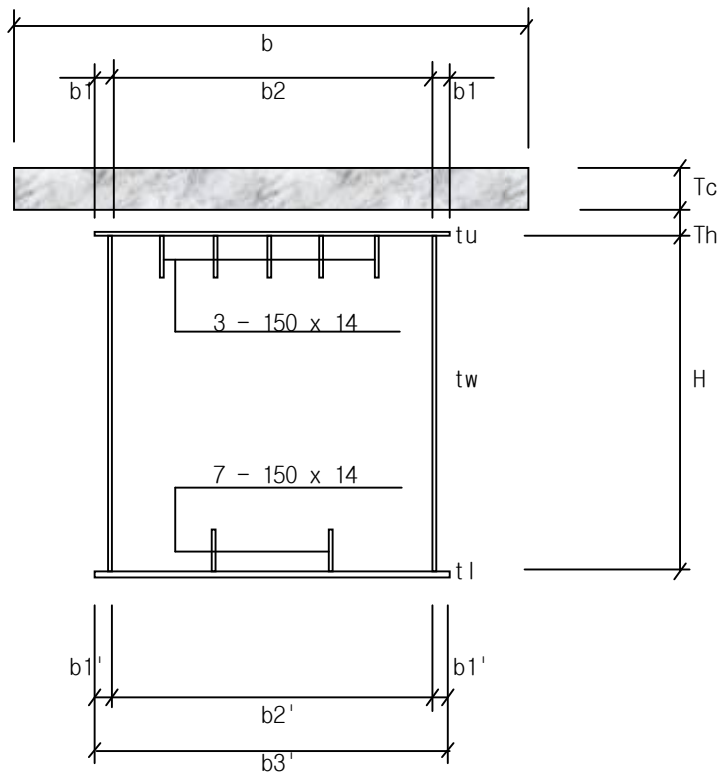
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 235400 + 1581250 / 8 = 433056 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 76.709 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1298.29 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1298.291 \times 235400 / 433056 = 705.72 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1298.291 - 705.723 = 592.57 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 284091843675 + 8235677083 / 8 + 235400 \times 592.568^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 705.723^2 = 466220728724 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 200687991467 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 859634809501 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2428^2) / (2 \times 2428/12 + 2612/63.25 + 2612/24) \\
&= 289981327445 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 7 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 32.0	89600	1216.00	108953600	132487577600	7645867
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
W E B	2 - 2400.0 X 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 32.0	89600	-1216.00	-108953600	132487577600	7645867
TOTAL		267400		-9450000	291553280200	32310666733

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

$$= 291553280200 + 32310666733 = 323863946933 \text{ mm}^4$$

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

$$= -9450000 / 267400 = -35.34 \text{ mm}$$

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

$$= 323863946933 - 267400 \times (-35.34)^2 = 323529980965 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 32 / 12) + (2800^3 \times 32 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2600 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2 = 231872763733 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2614.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 32.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2432.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2614^2 \times 2432^2) / (2 \times 2432/14 + 2614/32 + 2614/32) \\
&= 316478618350 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

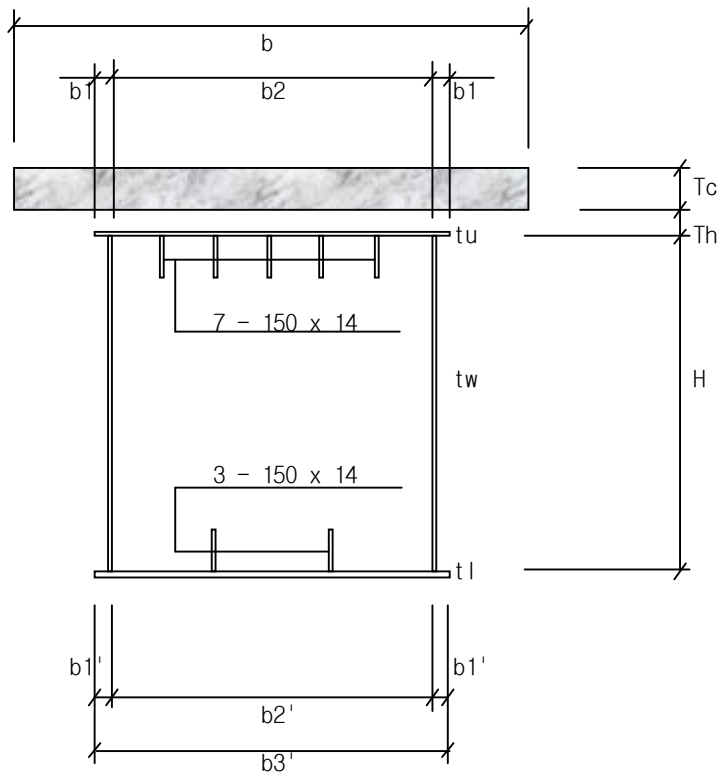
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 267400 + 1581250 / 8 = 465056 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 35.340 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1410.34 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1410.340 \times 267400 / 465056 = 810.92 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1410.340 - 810.923 = 599.42 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 323529980965 + 8235677083 / 8 + 267400 \times 599.417^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 810.923^2 = 550614540647 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 231872763733 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 890819581767 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2614^2 \times 2432^2) / (2 \times 2432/14 + 2614/63.25 + 2614/32) \\
&= 343629342191 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 8 >



b	=	6325.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	1206.00	40521600	48869049600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 16.0	44800	-1208.00	-54118400	65375027200	955733
TOTAL		157000		-4146800	140822201800	27688733933

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

$$= 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

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

$$= -4146800 / 157000 = -26.41 \text{ mm}$$

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

$$= 168510935733 - 157000 \times (-26.41)^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 12 / 12) + (2800^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 149466658133 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

$$= 2600.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2612.00 \text{ mm}$$

$$H_k = H + t_u / 2 + t_l / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 12.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2414.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2612/12 + 2612/16) \\
&= 203039466916 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

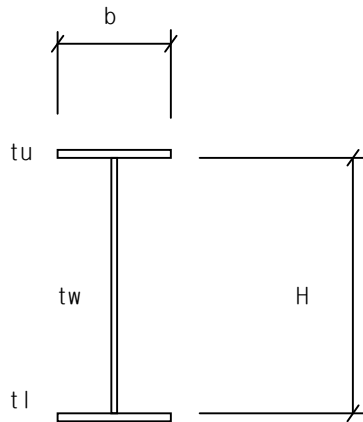
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6325.000 \times 250.000 = 1581250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 157000 + 1581250 / 8 = 354656 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6325.000 \times 250.000^3 / 12 = 8235677083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - -26.413 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1401.41 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1401.413 \times 157000 / 354656 = 620.38 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1401.413 - 620.380 = 781.03 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 168401407388 + 8235677083 / 8 + 157000 \times 781.032^2 \\
&\quad + 1581250 / 8 \times 620.380^2 = 341274999538 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 149466658133 + 6325.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 808413476167 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2612/43.25 + 2612/16) \\
&= 254052170729 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 가로보 - 1



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

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

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

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

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

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

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00 x 10.00	3000.0	755.00	2265000	1710075000	25000
W E B	1500.00 x 10.00	15000.0				2812500000
LOWER FL.	300.00 x 10.00	3000.0	-755.00	-2265000	1710075000	25000
TOTAL		21000.0		0	3420150000	2812550000

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

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

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

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

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

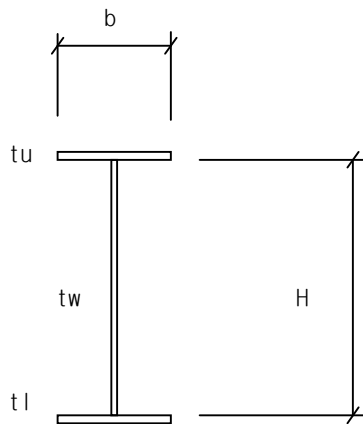
모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

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

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

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

◎ 세로보 - 1



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

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

$$H = 800.00 \text{ mm}$$

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

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

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

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00 x 10.00	3000.0	405.00	1215000	492075000	25000
W E B	800.00 x 10.00	8000.0				426666667
LOWER FL.	300.00 x 10.00	3000.0	-405.00	-1215000	492075000	25000
TOTAL		14000.0		0	984150000	426716667

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

$$= 984150000 + 426716667 = 1410866667 \text{ mm}^4$$

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

$$= (300^3 \times 10 / 12) + (300^3 \times 10 / 12) + (800 \times 10^3 / 12)$$

$$= 45066667 \text{ mm}^4$$

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

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

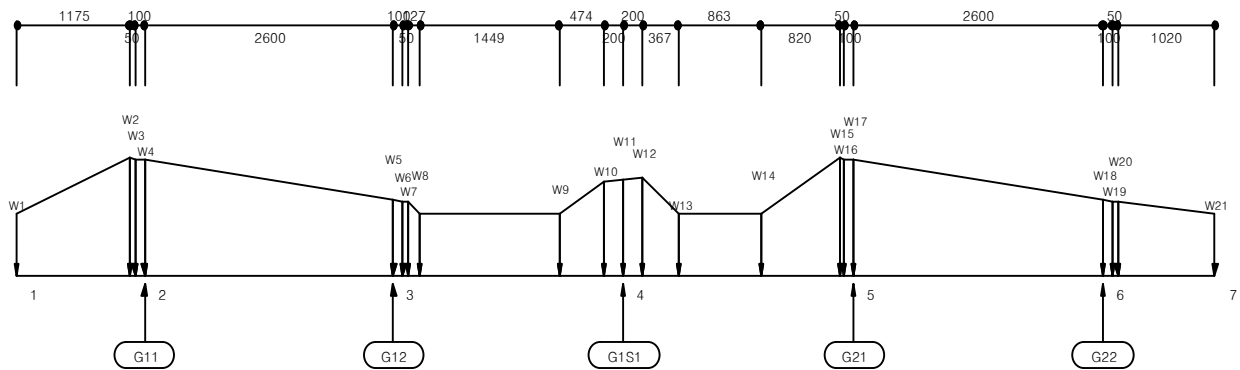
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300 \times 10^3 + 300 \times 10^3 + 800 \times 10^3) / 3 = 466667 \text{ mm}^4$$

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



W1 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W2 =	0.474	×	25.000	kN/m ³	=	11.850	kN/m ²
W3 =	0.471	×	25.000	kN/m ³	=	11.775	kN/m ²
W4 =	0.465	×	25.000	kN/m ³	=	11.625	kN/m ²
W5 =	0.309	×	25.000	kN/m ³	=	7.725	kN/m ²
W6 =	0.303	×	25.000	kN/m ³	=	7.575	kN/m ²
W7 =	0.300	×	25.000	kN/m ³	=	7.500	kN/m ²
W8 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W9 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W10 =	0.380	×	25.000	kN/m ³	=	9.500	kN/m ²
W11 =	0.387	×	25.000	kN/m ³	=	9.675	kN/m ²
W12 =	0.394	×	25.000	kN/m ³	=	9.850	kN/m ²
W13 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W14 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W15 =	0.474	×	25.000	kN/m ³	=	11.850	kN/m ²
W16 =	0.471	×	25.000	kN/m ³	=	11.775	kN/m ²
W17 =	0.465	×	25.000	kN/m ³	=	11.625	kN/m ²

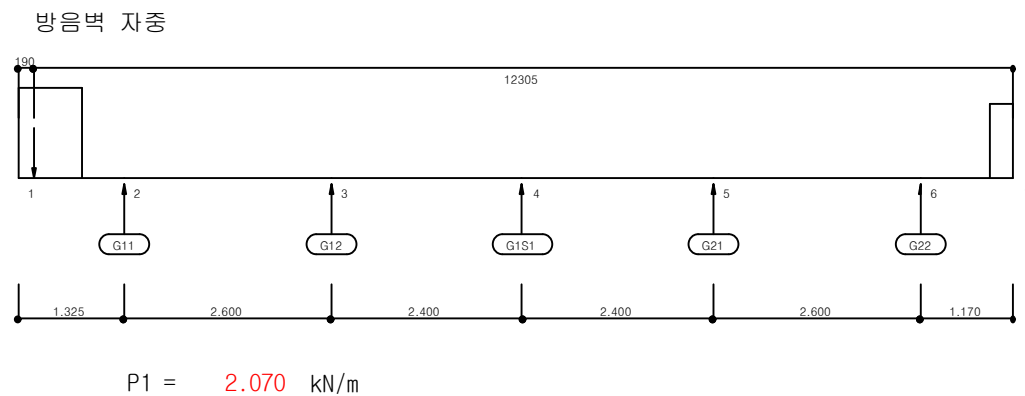
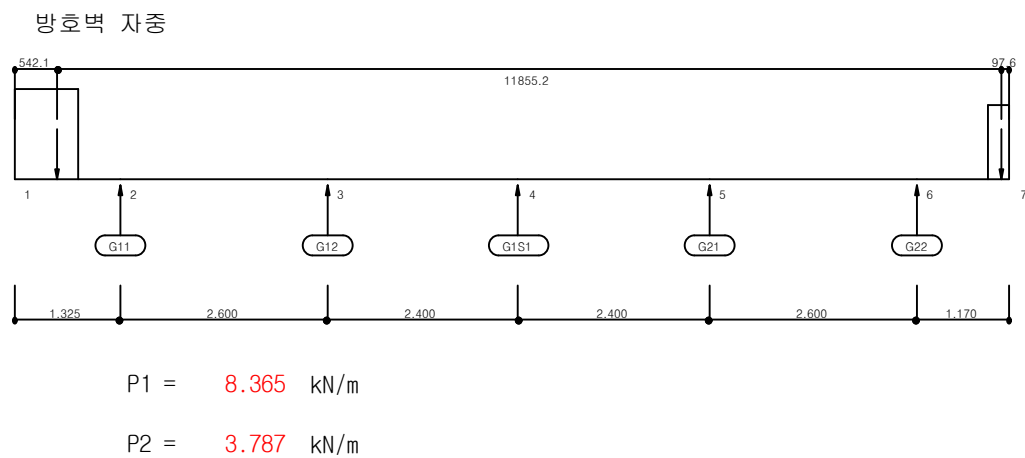
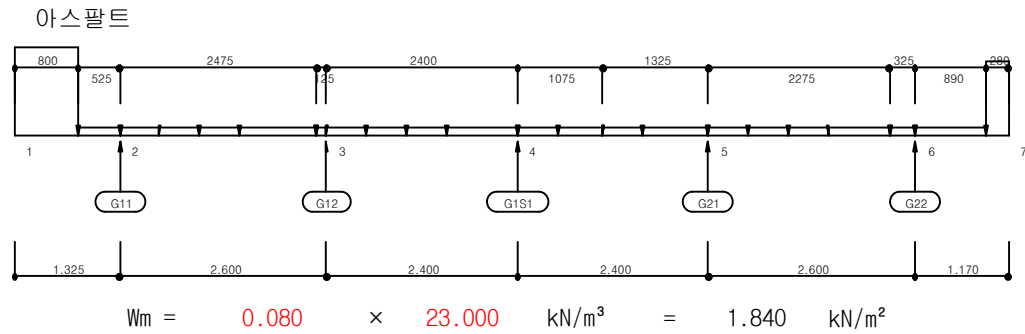
$$W18 = 0.309 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.725 \text{ kN/m}^2$$

$$W19 = 0.303 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.575 \text{ kN/m}^2$$

$$W20 = 0.300 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.500 \text{ kN/m}^2$$

$$W21 = 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2$$

2) 합성후 고정하중



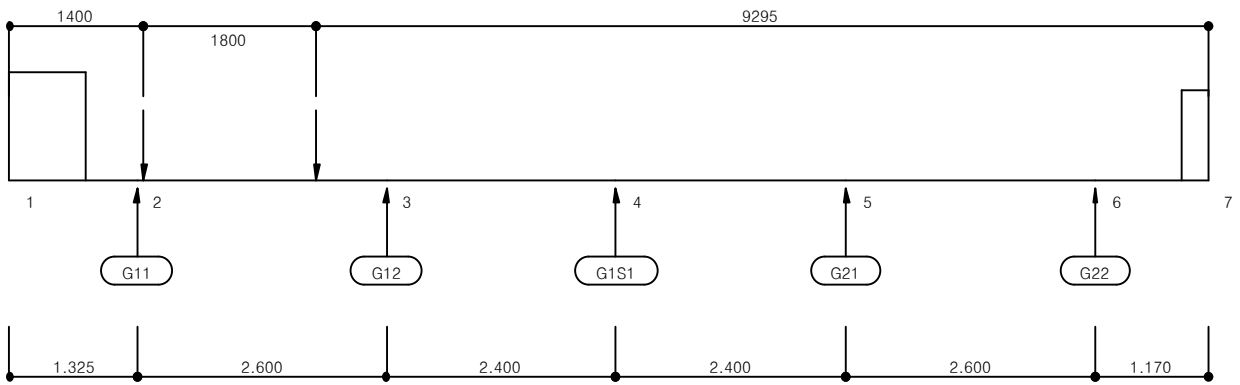
3) 활하중

$$\text{연석간의 교폭 } W_c = 11.415 \text{ m}$$

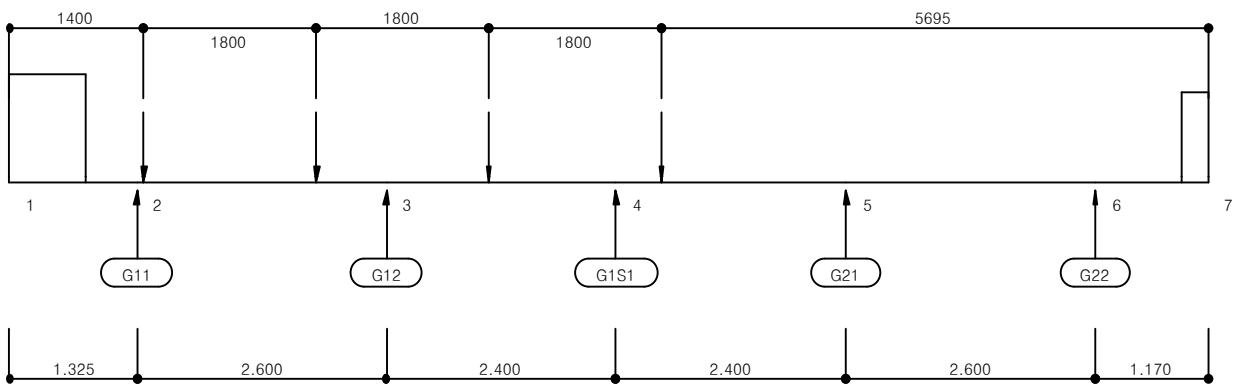
$$\therefore \text{설계 차로수 } N = 3 \quad (\text{도.설 2.1.3})$$

$$\text{설계 차로폭 } W = W_c / N = 11.415 / 3 = 3.805 \text{ m} > 3.6 \text{ m} \Rightarrow W = 3.600 \text{ m}$$

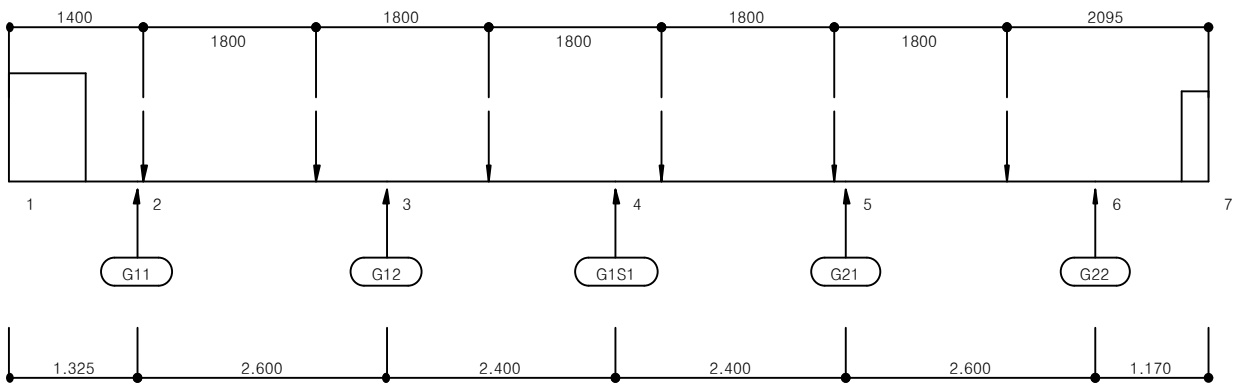
<G1 Max DB 1선>



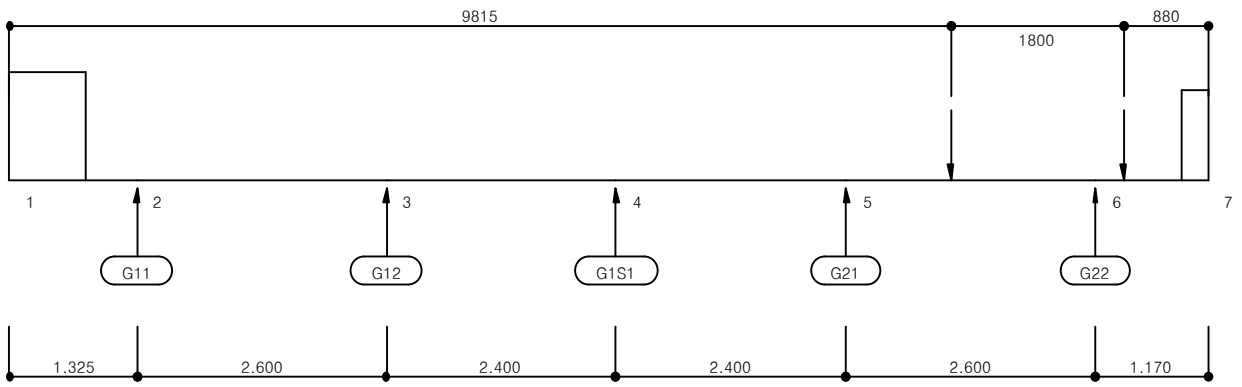
<G1 Max DB 2선>



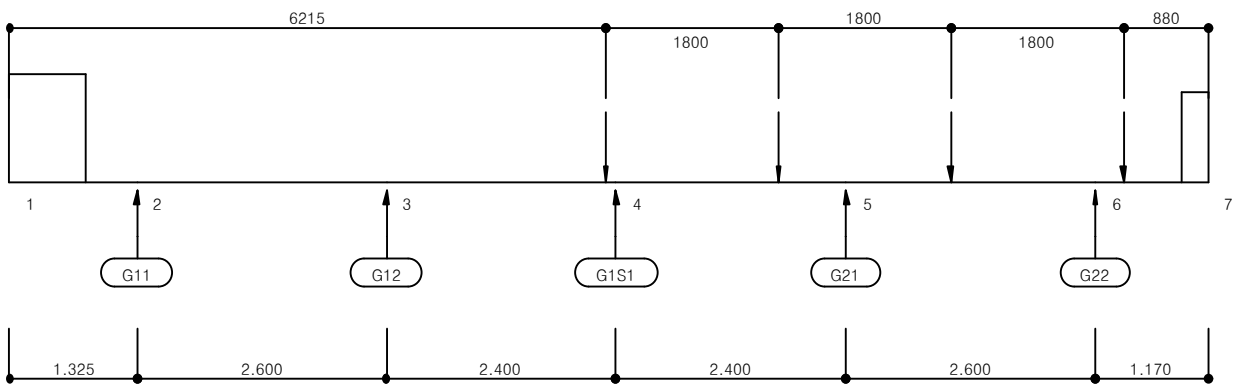
<G1 Max DB 3선>



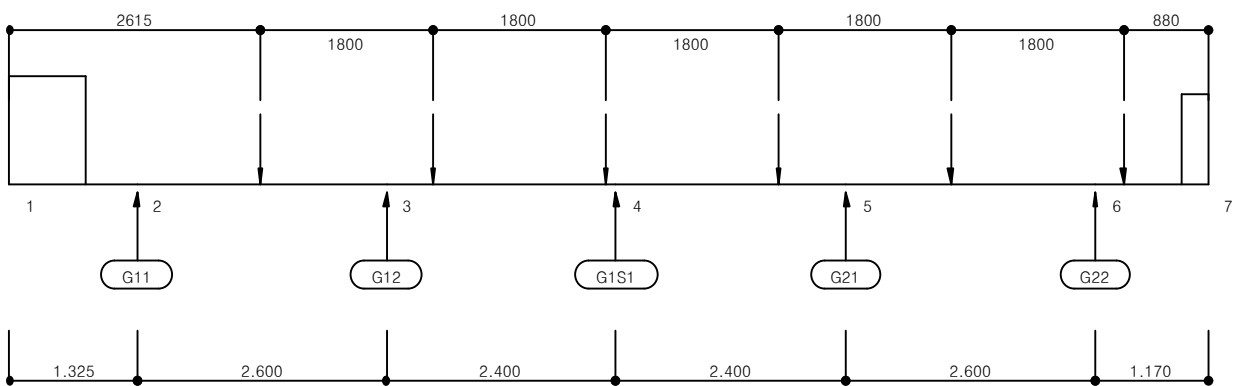
<G2 Max DB 1선>



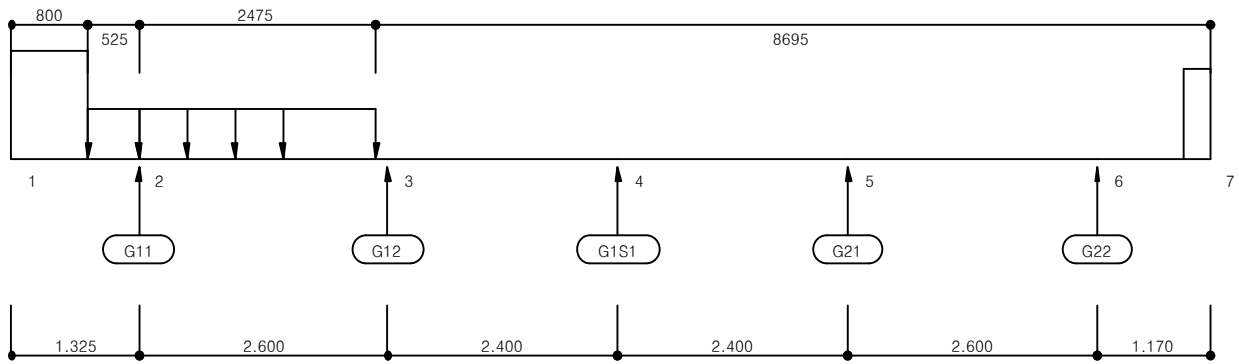
<G2 Max DB 2선>



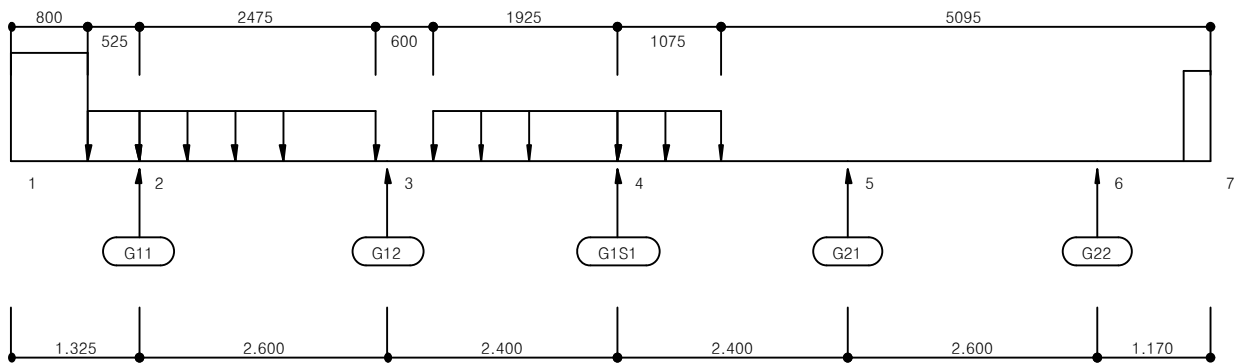
<G2 Max DB 3선>



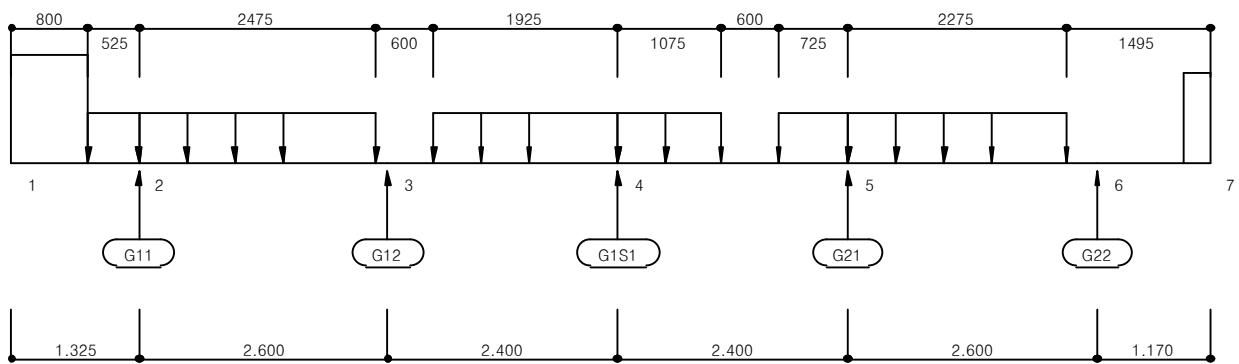
<G1 Max DL 1선>



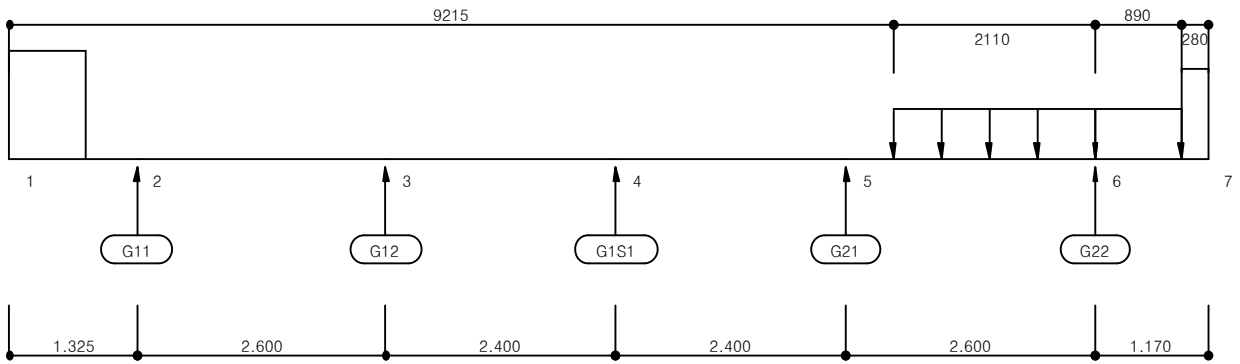
<G1 Max DL 2선>



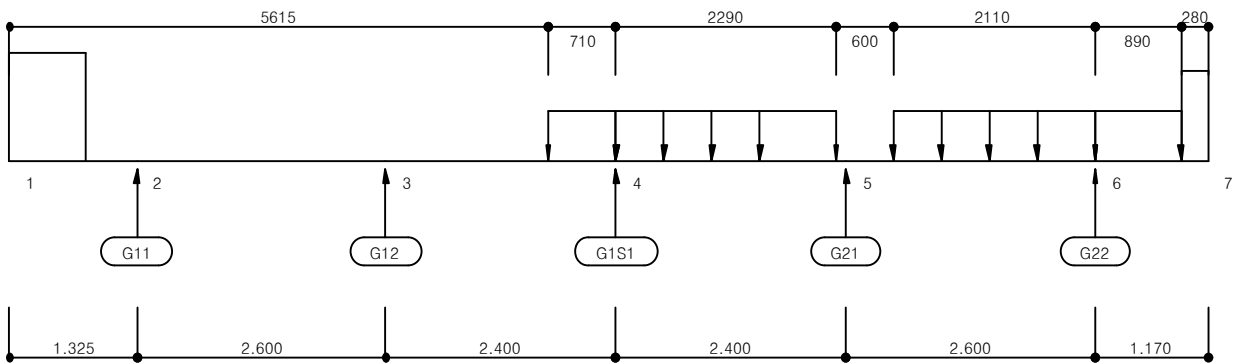
<G1 Max DL 3선>



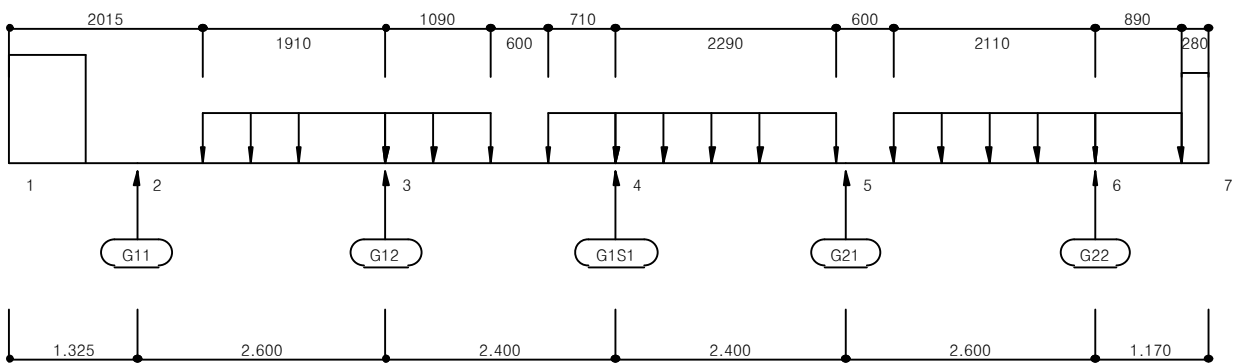
<G2 Max DL 1선>



<G2 Max DL 2선>



<G2 Max DL 3선>



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

$$\text{전륜 하중} \quad P_f = 24.000 \text{ kN}$$

$$\text{후륜 하중} \quad P_r = 96.000 \text{ kN}$$

◁ DL-24 (차선하중)

$$W = 12.700 / 3.0 = 4.233 \text{ kN/m}$$

$$P_m = 108.000 / 3.0 = 36.000 \text{ kN}$$

$$P_s = 156.000 / 3.0 = 52.000 \text{ kN}$$

5) 풍하중 (도.설 2.1.11)

다음의 계산은 활하중 비재하시의 값으로 활하중 재하시에는 산정된 값의 1/2을 적용한다.

< P1 - 위치 : Sta 1+500.73 >

- 좌측

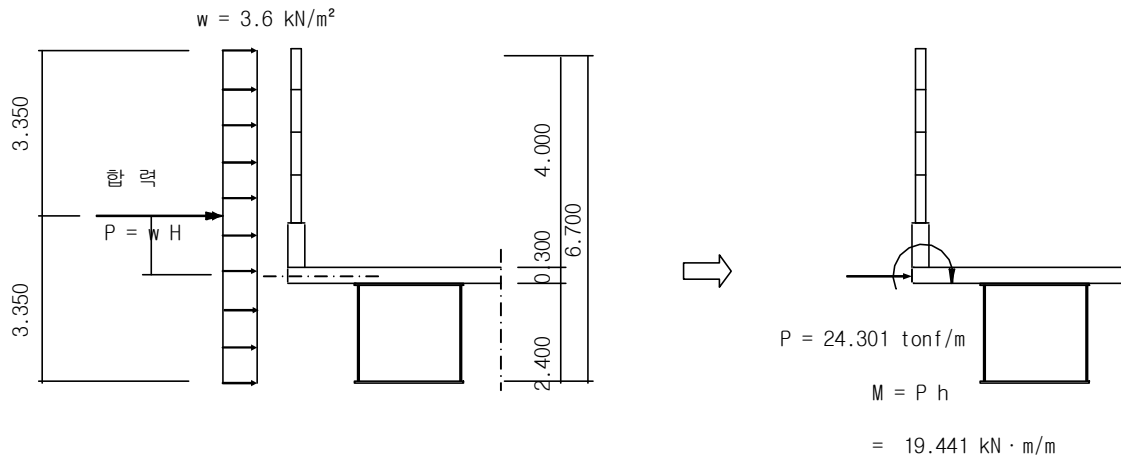
$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.495 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = 2.400 + 0.300 + 4.000 = 6.700 \text{ m}$$

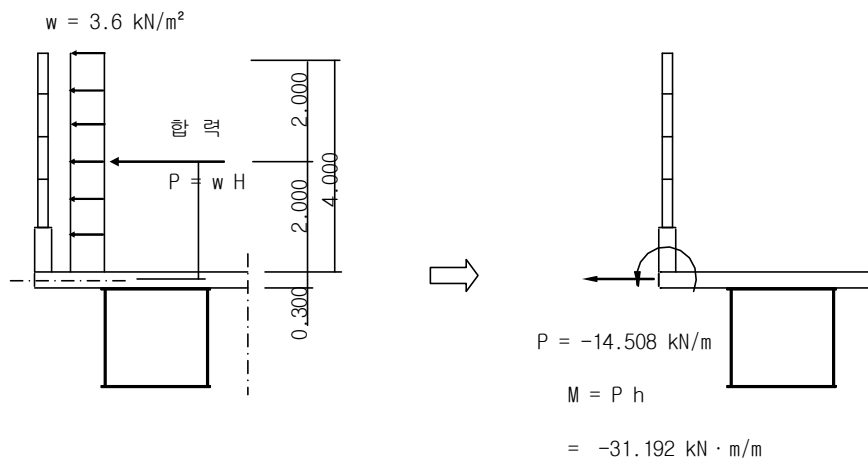
$$B / D = 12.495 / 6.700 = 1.865$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 24.3 \text{ kN/m} \geq 6 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)



< P2 - 위치 : Sta 1+552.00 >

- 좌측

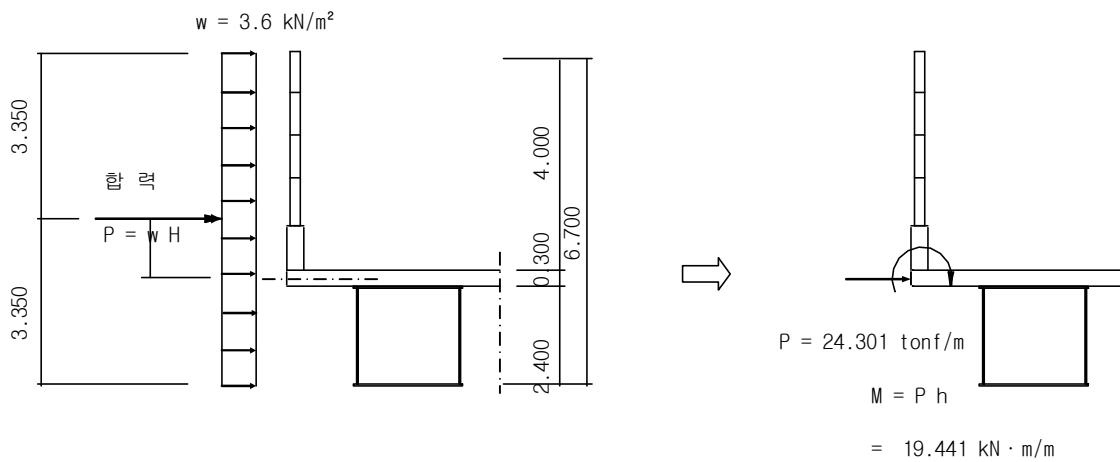
$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.495 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = 2.400 + 0.300 + 4.000 = 6.700 \text{ m}$$

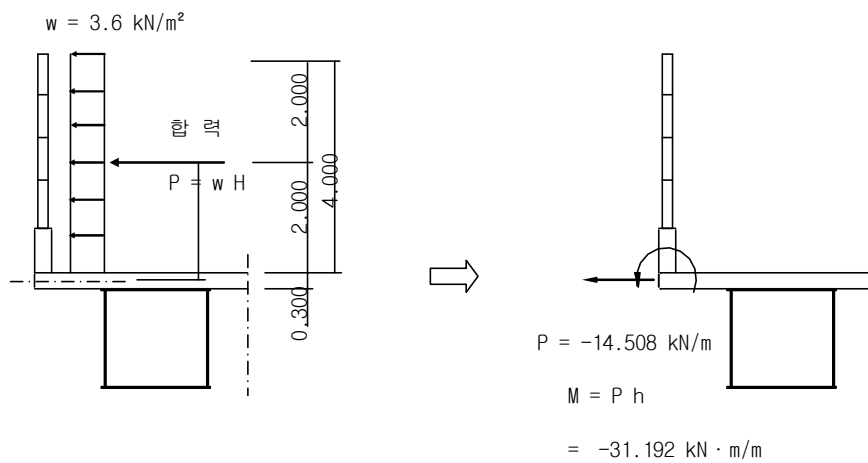
$$B / D = 12.495 / 6.700 = 1.865$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 24.3 \text{ kN/m} \geq 6 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)



< P3 - 위치 : Sta 1+604.00 >

- 좌측

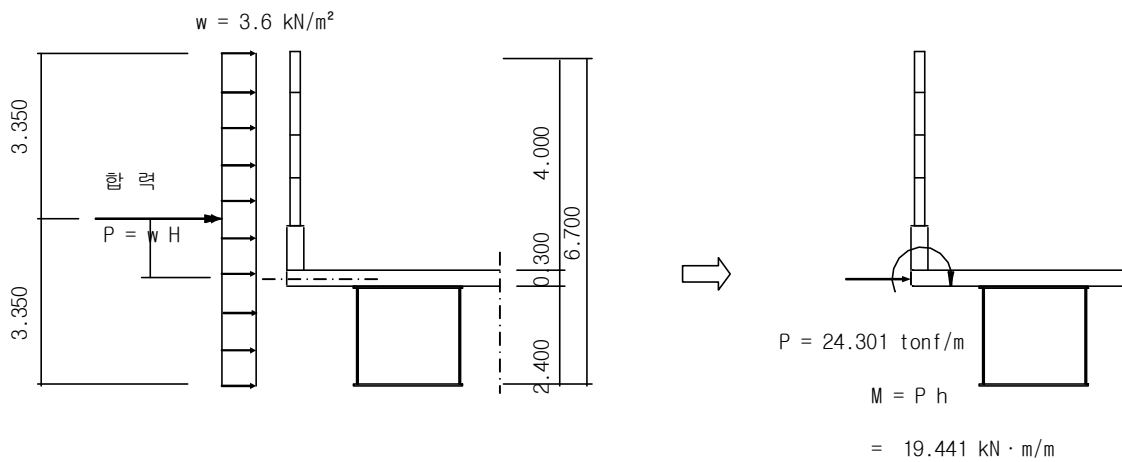
$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.495 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = 2.400 + 0.300 + 4.000 = 6.700 \text{ m}$$

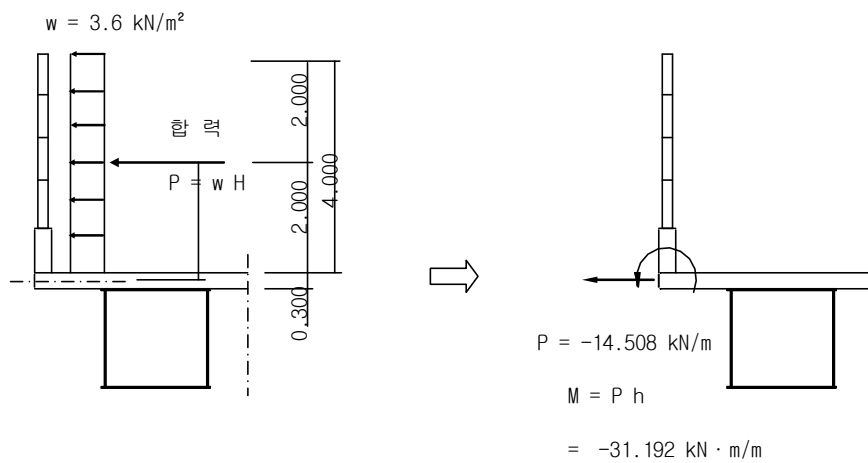
$$B / D = 12.495 / 6.700 = 1.865$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 24.3 \text{ kN/m} \geq 6 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)



< P4 - 위치 : Sta 1+656.00 >

- 좌측

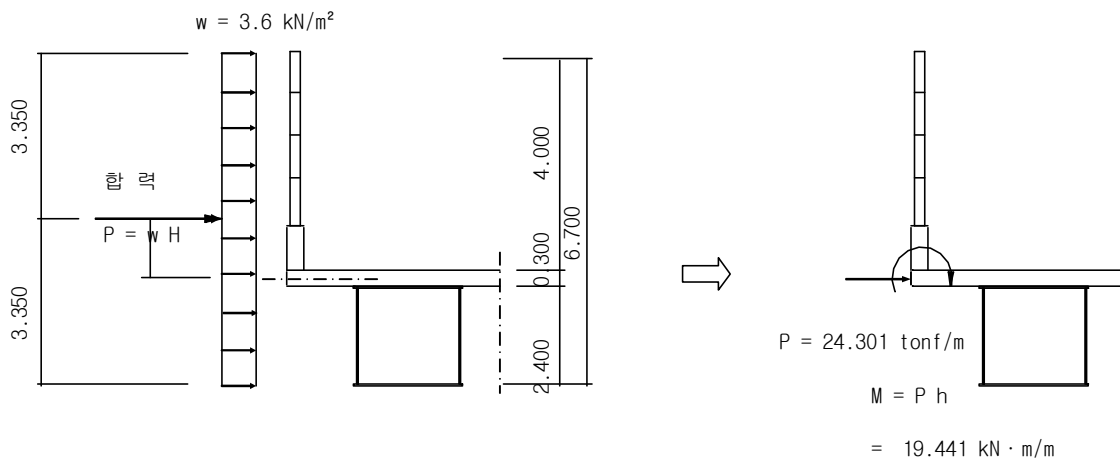
$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.495 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = 2.400 + 0.300 + 4.000 = 6.700 \text{ m}$$

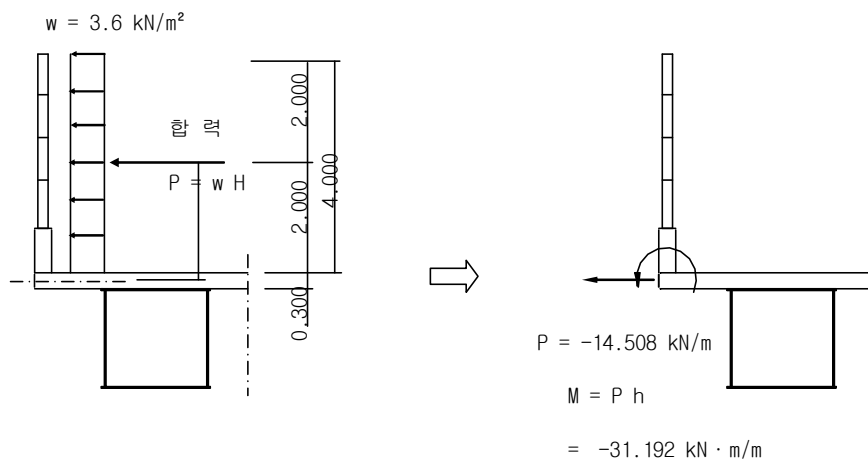
$$B / D = 12.495 / 6.700 = 1.865$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 24.3 \text{ kN/m} \geq 6 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)



< P5 - 위치 : Sta 1+708.00 >

- 좌측

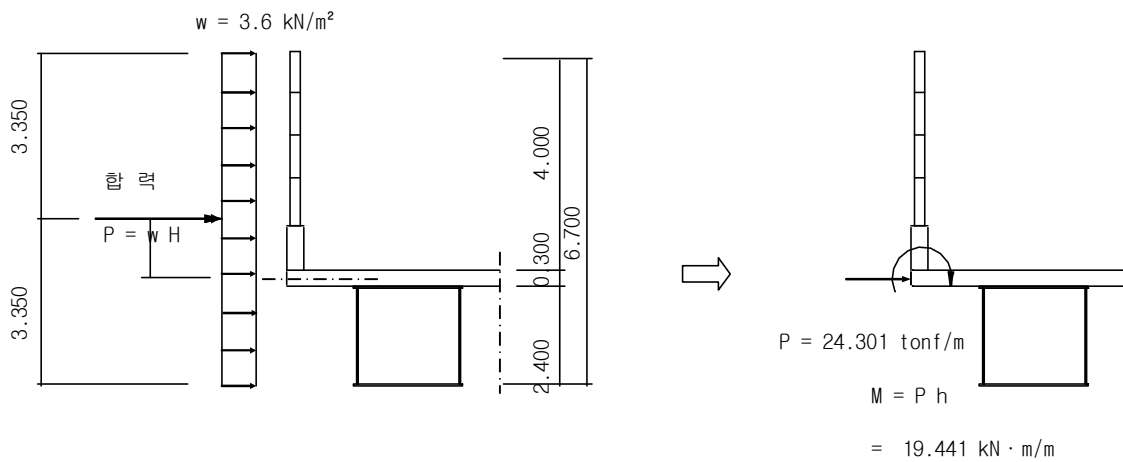
$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.495 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = 2.400 + 0.300 + 4.000 = 6.700 \text{ m}$$

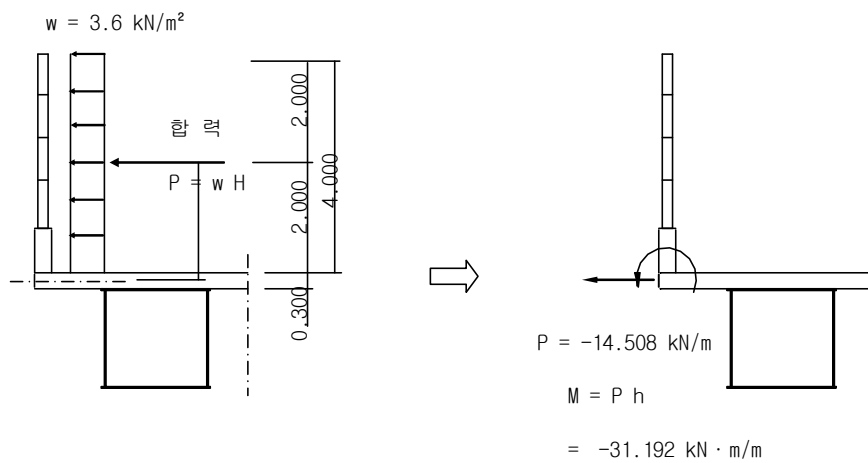
$$B / D = 12.495 / 6.700 = 1.865$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 24.3 \text{ kN/m} \geq 6 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)



< P6 - 위치 : Sta 1+759.28 >

- 좌측

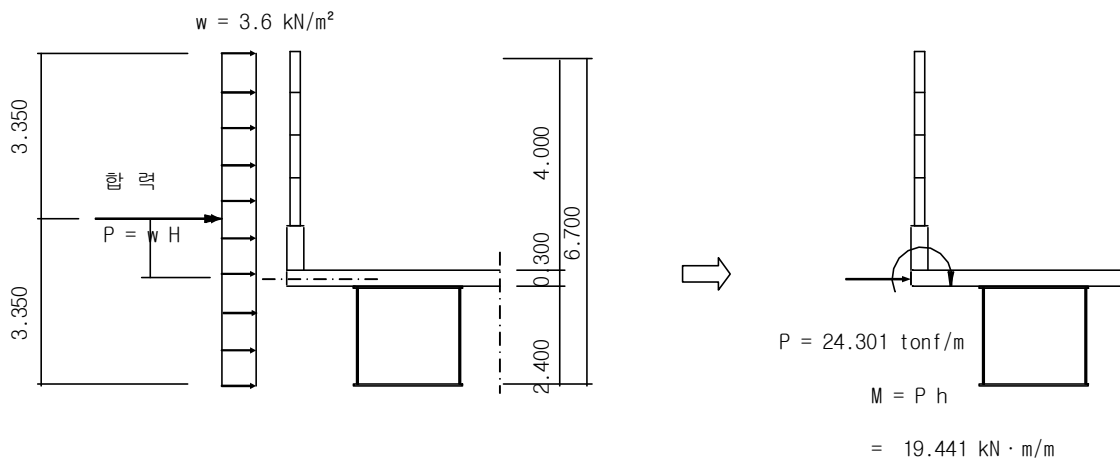
$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.495 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = 2.400 + 0.300 + 4.000 = 6.700 \text{ m}$$

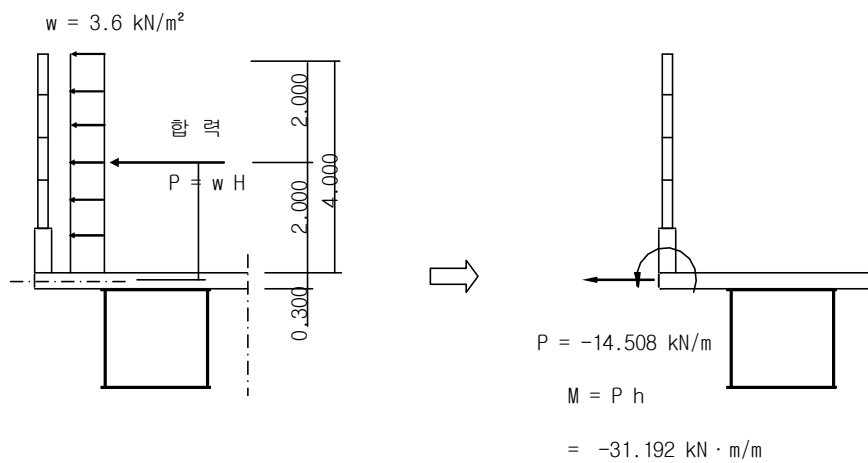
$$B / D = 12.495 / 6.700 = 1.865$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 24.3 \text{ kN/m} \geq 6 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)



6) 충격계수 (도.설 2.1.4)

$$\text{시간장 (L)} = 51.275 + 52.000 + 52.000 + 52.000 + 51.275 \text{ m}$$

따라서, 내부 지점 및 시간내에 재하되는 하중에 대한 충격계수는 아래와 같다.

다만, 탱크케도하중과 탱크 트레일러 하중에는 일률적으로 충격계수를 0.15로 적용 한다.

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 51.275} = 0.164 < 0.3 \Rightarrow 0.164$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 52} = 0.163 < 0.3 \Rightarrow 0.163$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 52} = 0.163 < 0.3 \Rightarrow 0.163$$

◁ 제4 지간

$$i = \frac{15}{40 + 52} = 0.163 < 0.3 \Rightarrow 0.163$$

◁ 제5 지간

$$i = \frac{15}{40 + 51.275} = 0.164 < 0.3 \Rightarrow 0.164$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (51.275 + 52.000) / 2} = 0.164 < 0.3 \Rightarrow 0.164$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (52.000 + 52.000) / 2} = 0.163 < 0.3 \Rightarrow 0.163$$

◁ 제3 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (52.000 + 52.000) / 2} = 0.163 < 0.3 \Rightarrow 0.163$$

◁ 제4 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (52.000 + 51.275) / 2} = 0.164 < 0.3 \Rightarrow 0.164$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.164 를 적용함.

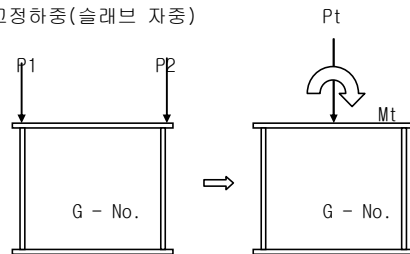
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중: **36.835** % 할증적용

$$\text{총강재총량} / \text{모델링 강재총량} = 17519.616 \text{ kN} / 12803.427 \text{ kN} = 1.36835$$

- 단 면 - 1 : **0.141** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 15.146 kN/m
- 단 면 - 2 : **0.146** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 15.661 kN/m
- 단 면 - 3 : **0.163** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 17.466 kN/m
- 단 면 - 4 : **0.188** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 20.173 kN/m
- 단 면 - 5 : **0.205** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 21.977 kN/m
- 단 면 - 6 : **0.235** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 25.286 kN/m
- 단 면 - 7 : **0.267** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 28.723 kN/m
- 단 면 - 8 : **0.157** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 16.864 kN/m
- 가로보 - 1 : **0.021** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 2.256 kN/m
- 세로보 - 1 : **0.014** m² × 78.50 kN/m³ × 1.36835 = 1.504 kN/m

2) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



합성전		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
거더폭		2.600	2.600		m
슬래브 자중	P1	27.149	24.831	16.593	kN/m
	P2	18.768	19.721		
	Pt	45.917	44.552	16.593	
	Mt	-10.895	-6.643		kN · m/m

3) 합성후 고정하중

합성후		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
Pavement 및 방호벽, 중분대	P1	17.838	1.872	6.496	kN/m
	P2	-0.717	9.744		
	Pt	17.121	11.616	6.496	
	Mt	-24.122	10.234		kN · m/m

상기 하중과 점검로 등의 부속설비 하중으로 500.0 N/m² 을 설계에 반영 (강도로교 상세부 설계지침 P131)

거더당 작용하는 부속설비 하중 W(kN/m) = 0.5 kN/m² × 슬래브 전폭(m) / 총거더수

$$W = 0.50 \times 12.495 / 2 = 3.124 \text{ kN/m}$$

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.600	2.600		m
1 차선 재하시	P1	1.146	0.044	-0.180	kN/m
	P2	0.997	-0.007		
	Pt	2.143	0.037	-0.180	
	Mt	-0.194	-0.066		kN · m/m
	e	-0.090	-1.765		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.093	0.119	1.289	kN/m
	P2	1.516	-0.017		
	Pt	2.609	0.102	1.289	
	Mt	0.550	-0.177		kN · m/m
	e	0.211	-1.729		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	1.089	1.660	1.189	kN/m
	P2	1.540	0.522		
	Pt	2.629	2.182	1.189	
	Mt	0.587	-1.480		kN · m/m
	e	0.223	-0.678		편심(e)=Mt/PT

< DB-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.600	2.600		m
1 차선 재하시	P1	-0.005	0.649	-0.131	kN/m
	P2	0.032	1.455		
	Pt	0.027	2.104	-0.131	
	Mt	0.048	1.047		kN · m/m
	e	1.765	0.498		편심 (e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.001	1.410	1.205	kN/m
	P2	-0.009	1.393		
	Pt	-0.007	2.802	1.205	
	Mt	-0.013	-0.022		kN · m/m
	e	1.770	-0.008		편심 (e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.345	1.401	1.248	kN/m
	P2	1.612	1.394		
	Pt	1.957	2.795	1.248	
	Mt	1.648	-0.010		kN · m/m
	e	0.842	-0.003		편심 (e)=Mt/PT

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.600	2.600		m
1 차선 재하시	P1	1.711	0.069	-0.284	kN/m
	P2	1.514	-0.010		
	Pt	3.225	0.059	-0.284	
	Mt	-0.255	-0.104		kN · m/m
	e	-0.079	-1.764		편심 (e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.637	0.133	1.995	kN/m
	P2	2.252	-0.017		
	Pt	3.888	0.117	1.995	
	Mt	0.799	-0.195		kN · m/m
	e	0.206	-1.668		편심 (e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	1.630	2.488	1.811	kN/m
	P2	2.297	0.773		
	Pt	3.927	3.262	1.811	
	Mt	0.868	-2.230		kN · m/m
	e	0.221	-0.684		편심 (e)=Mt/PT

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.600	2.600		m
1 차선 재하시	P1	-0.007	0.982	-0.203	kN/m
	P2	0.049	2.179		
	Pt	0.042	3.161	-0.203	
	Mt	0.074	1.556		kN · m/m
	e	1.765	0.492		편심 (e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.007	2.107	1.844	kN/m
	P2	-0.041	2.084		
	Pt	-0.034	4.191	1.844	
	Mt	-0.063	-0.030		kN · m/m
	e	1.827	-0.007		편심 (e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.497	2.110	1.857	kN/m
	P2	2.453	2.083		
	Pt	2.950	4.193	1.857	
	Mt	2.544	-0.034		kN · m/m
	e	0.862	-0.008		편심 (e)=Mt/PT

- 풍하중

< P1 - 위치 : Sta. 1+500.73 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	-7.060	7.060	kN/m
	P2			
	Pt	-7.060	7.060	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-24.300	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	6.862	-6.862	kN/m
	P2			
	Pt	6.862	-6.862	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	14.510	kN/m

< P2 - 위치 : Sta. 1+552.00 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	-7.060	7.060	kN/m
	P2			
	Pt	-7.060	7.060	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-24.300	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	6.862	-6.862	kN/m
	P2			
	Pt	6.862	-6.862	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	14.510	kN/m

< P3 - 위치 : Sta. 1+604.00 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	-7.060	7.060	kN/m
	P2			
	Pt	-7.060	7.060	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-24.300	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	6.862	-6.862	kN/m
	P2			
	Pt	6.862	-6.862	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	14.510	kN/m

< P4 - 위치 : Sta. 1+656.00 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	-7.060	7.060	kN/m
	P2			
	Pt	-7.060	7.060	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-24.300	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	6.862	-6.862	kN/m
	P2			
	Pt	6.862	-6.862	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	14.510	kN/m

< P5 - 위치 : Sta. 1+708.00 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	-7.060	7.060	kN/m
	P2			
	Pt	-7.060	7.060	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-24.300	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	6.862	-6.862	kN/m
	P2			
	Pt	6.862	-6.862	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	14.510	kN/m

< P6 - 위치 : Sta. 1+759.28 >

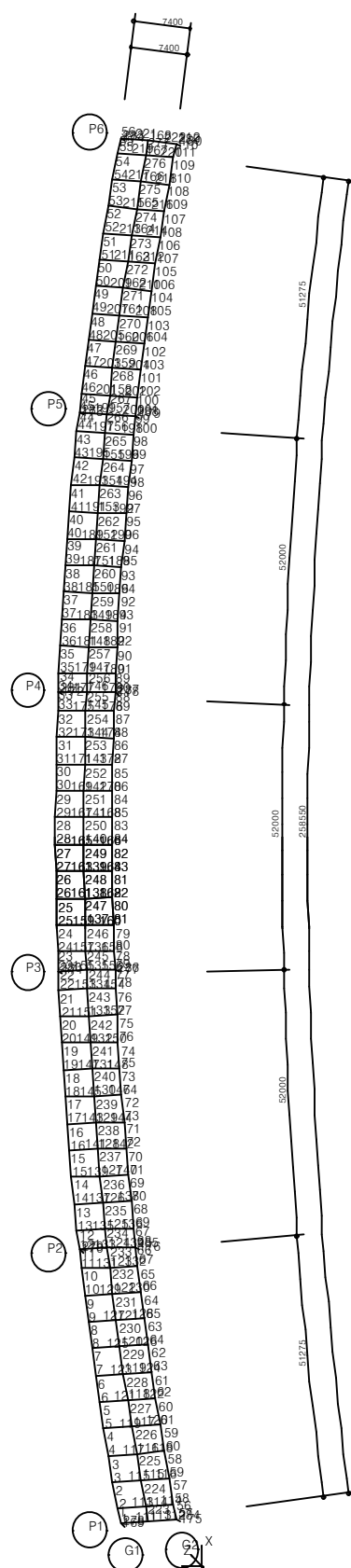
- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	-7.060	7.060	kN/m
	P2			
	Pt	-7.060	7.060	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-24.300	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
교좌장치간의 거리		0.000	0.000	m
수 직 하 중	P1	6.862	-6.862	kN/m
	P2			
	Pt	6.862	-6.862	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	14.510	kN/m

4.4 가. 모델링



나. 단면 제정수 (4.2 단면가정 참조)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
단면 - 1	합성전	141000.0	125075006026	133962214400	166081222535	
	합성후	338656.3	247376949506	792909032434	206469541919	
	절점번호	1, 56, 57, 112				
단면 - 2	합성전	145800.0	151391905600	142149324800	189610578443	
	합성후	343456.3	296454369860	801096142834	233460754432	
	절점번호	2, 3, 54, 55, 58, 59, 110, 111				
단면 - 3	합성전	162600.0	176066011129	153125324800	207979966678	
	합성후	360256.3	362705405354	812072142834	261778542559	
	절점번호	4, 5, 6, 7, 8, 49, 50, 51, 52, 53, 60, 61, 62, 63, 64, 105, 106, 107, 108, 109				
단면 - 4	합성전	187800.0	212252666400	164101324800	230168799944	
	합성후	385456.3	395351309217	823048142834	265422968834	
	절점번호	9, 15, 20, 26, 31, 37, 42, 48, 65, 71, 76, 82, 87, 93, 98, 104				
단면 - 5	합성전	204600.0	235242271974	175077324800	243297056991	
	합성후	402256.3	399636321389	834024142834	268430530930	
	절점번호	10, 14, 21, 25, 32, 36, 43, 47, 66, 70, 77, 81, 88, 92, 99, 103				
단면 - 6	합성전	235400.0	284091843675	200687991467	270330785822	
	합성후	433056.3	466220728724	859634809501	289981327445	
	절점번호	11, 13, 22, 24, 33, 35, 44, 46, 67, 69, 78, 80, 89, 91, 100, 102				
단면 - 7	합성전	267400.0	323529980965	231872763733	316478618350	
	합성후	465056.3	550614540647	890819581767	343629342191	
	절점번호	12, 23, 34, 45, 68, 79, 90, 101				
단면 - 8	합성전	157000.0	168401407388	149466658133	203039466916	
	합성후	354656.3	341274999538	808413476167	254052170729	
	절점번호	16, 17, 18, 19, 27, 28, 29, 30, 38, 39, 40, 41, 72, 73, 74, 75, 83, 84, 85, 86, 94, 95, 96, 97				

다. 하중 재하

1) CASE 1 : 합성전 고정하중

- ㉠ STEEL 자중
- ㉡ 바닥판 자중

2) CASE 2 : 합성후 고정하중

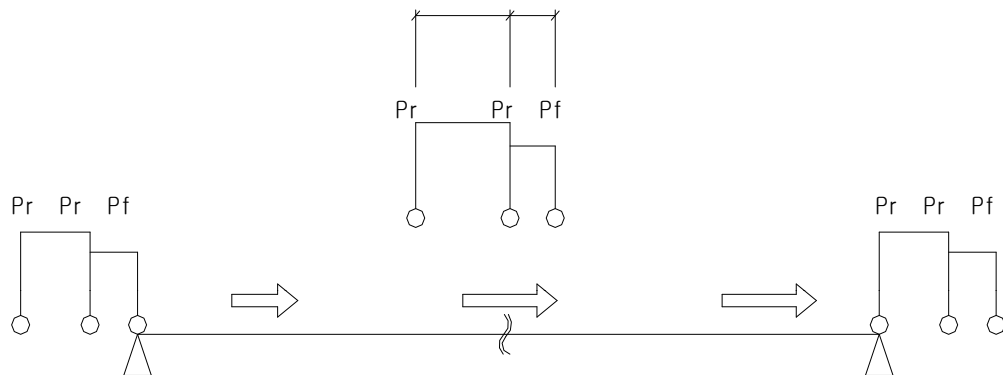
- 합성후 단면에 대하여 GIRDER별 하중 재하 (부속설비 하중포함)

3) CASE 3 : 활하중

- 합성후 단면에 대하여 GIRDER별로 하중을 재하하였으며, SAP BRIDGE를 사용
단위하중을 재하하여 횡분배된 결과에 실하중을 곱하여 단면력을 산정

㉠ DB-24 하중

- 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용
- 연행하중 : 4.200~9.000 4.200



㉡ DL-24 하중

- 차선하중은 SAP BRIDGE에서 재하하였으며, Ps 및 Pm 하중은 재하경간내에서 검토단면에 최대단면력을 발생시키는 위치에 재하

4) CASE 4 : 지점침하

- 합성후 단면에 대하여 각 지점 위치별 10 mm 의 부등침하를 조합하여 적용

- 1 : P1 지점 침하
- 2 : P2 지점 침하
- 3 : P3 지점 침하
- 4 : P4 지점 침하
- 5 : P5 지점 침하
- 6 : P6 지점 침하
- 7 : P1, P3, P5 지점 침하
- 8 : P2, P4, P6 지점 침하

4.4 라. 부재력 집계

< BENDING MOMENT >

< Girder 1 >

부재 번 호	절점 번 호	합성전 Steel	고정하중 Concrete	합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
					Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-0.197	-0.363	0.249	1.137	-1.589	0.054	-0.054	0.879	-1.953	P1
	2	997.717	2844.102	1234.062	1978.000	-369.200	79.538	-79.538	7133.420	4627.143	
2	2	997.595	2844.236	1234.946	1978.409	-370.047	79.484	-79.484	7134.669	4627.247	
	3	2405.784	6721.502	2846.711	4500.520	-817.280	221.282	-221.282	16695.799	10935.436	
3	3	2405.804	6722.208	2848.011	4502.045	-818.754	221.240	-221.240	16699.308	10936.029	
	4	3346.795	9201.967	3855.968	6171.930	-1194.020	362.843	-362.843	22939.503	14847.867	
4	4	3346.793	9202.391	3856.828	6173.075	-1195.007	362.797	-362.797	22941.884	14848.208	
	5	3792.199	10324.325	4315.621	7116.288	-1558.402	504.313	-504.313	26052.746	16369.430	
5	5	3792.186	10324.493	4316.082	7116.940	-1558.986	504.261	-504.261	26053.962	16369.514	
	6	3736.591	10101.287	4246.654	7389.795	-1929.855	645.848	-645.848	26120.175	15508.829	
6	6	3736.550	10101.101	4246.585	7389.747	-1929.918	645.788	-645.788	26119.771	15508.530	
	7	3179.322	8529.970	3648.790	7008.480	-2311.153	787.148	-787.148	23153.710	12259.781	
7	7	3179.261	8529.469	3648.255	7007.804	-2310.731	787.081	-787.081	23151.870	12259.173	
	8	2120.030	5602.860	2508.400	5986.153	-2693.170	927.507	-927.507	17144.950	6610.613	
8	8	2119.951	5602.085	2507.491	5984.915	-2692.328	927.435	-927.435	17141.877	6609.764	
	9	547.190	1305.309	796.277	4315.898	-3057.460	1065.630	-1065.630	8030.304	-1474.314	
9	9	547.097	1304.352	795.136	4314.390	-3056.344	1065.557	-1065.557	8026.533	-1475.315	
	10	-1594.862	-4399.592	-1536.371	2447.209	-3959.789	1198.695	-1198.695	-3884.921	-12689.309	
10	10	-1594.957	-4400.539	-1537.514	2448.658	-3961.721	1198.629	-1198.629	-3885.723	-12693.360	
	11	-4361.475	-11569.803	-4558.076	1726.454	-6899.835	1323.516	-1323.516	-17439.384	-28712.705	
11	11	-4361.535	-11570.396	-4558.847	1727.136	-6900.841	1323.474	-1323.474	-17440.168	-28715.093	
	12	-6718.014	-17512.133	-7139.278	1949.602	-9988.094	1402.652	-1402.652	-28017.171	-42760.171	P2
12	12	-6718.012	-17512.201	-7139.419	1949.749	-9988.287	1402.647	-1402.647	-28017.236	-42760.566	P2
	13	-4655.936	-12350.386	-4855.926	1534.829	-7002.461	1202.843	-1202.843	-19124.576	-30067.552	
13	13	-4655.941	-12350.144	-4855.538	1534.319	-7001.758	1202.858	-1202.858	-19124.446	-30066.239	
	14	-2310.537	-6298.353	-2262.250	2498.006	-4304.316	905.147	-905.147	-7467.987	-16080.603	
14	14	-2310.522	-6297.833	-2261.556	2497.139	-4302.701	905.182	-905.182	-7467.590	-16077.794	
	15	-591.239	-1716.756	-360.808	3964.341	-3640.217	652.023	-598.879	1947.561	-6907.898	
15	15	-591.215	-1716.184	-360.063	3965.057	-3640.685	652.080	-598.929	1949.674	-6907.077	
	16	561.725	1458.227	919.644	5059.158	-3515.614	458.805	-287.527	8457.560	-863.544	
16	16	561.748	1458.662	920.209	5059.963	-3516.205	458.867	-287.583	8459.449	-863.170	
	17	1212.737	3259.934	1625.593	5798.445	-3436.325	263.552	-275.890	12160.261	2386.049	
17	17	1212.750	3260.095	1625.790	5798.730	-3436.543	263.613	-275.891	12160.978	2386.201	
	18	1376.524	3702.698	1779.421	5876.860	-3353.444	384.800	-388.423	13120.303	3116.776	
18	18	1376.531	3702.592	1779.265	5876.605	-3353.250	384.738	-388.422	13119.731	3116.716	
	19	1053.026	2786.706	1382.119	5296.933	-3267.053	653.432	-653.432	11172.216	1301.366	
19	19	1053.025	2786.352	1381.630	5296.205	-3266.509	653.369	-653.369	11170.581	1301.129	
	20	228.463	501.036	413.992	4050.258	-3182.106	964.716	-964.716	6158.465	-3003.331	
20	20	228.454	500.504	413.271	4049.305	-3181.360	964.655	-964.655	6156.189	-3003.786	
	21	-1162.413	-3187.793	-1168.096	2768.082	-3894.350	1270.649	-1270.649	-1479.571	-10683.301	
21	21	-1162.427	-3188.338	-1168.830	2769.385	-3896.115	1270.597	-1270.597	-1479.613	-10686.307	
	22	-3178.809	-8338.267	-3429.502	2509.532	-6529.729	1567.900	-1567.900	-10869.146	-23044.207	
22	22	-3178.811	-8338.572	-3429.982	2510.014	-6530.431	1567.868	-1567.868	-10869.483	-23045.664	
	23	-5009.930	-12859.539	-5467.601	3086.315	-9405.473	1767.197	-1767.197	-18483.558	-34509.740	P3
23	23	-5009.927	-12859.538	-5467.601	3086.338	-9405.482	1767.193	-1767.193	-18483.535	-34509.741	P3
	24	-3064.827	-8030.495	-3323.531	2566.990	-6470.726	1543.330	-1543.330	-10308.533	-22432.909	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
24	24	-3064.804	-8030.099	-3322.951	2566.476	-6469.956	1543.355	-1543.355	-10308.023	-22431.165	
	25	-884.747	-2437.760	-909.144	2880.476	-3755.665	1210.854	-1210.854	-140.321	-9198.170	
25	25	-884.707	-2437.147	-908.359	2879.219	-3754.107	1210.896	-1210.896	-140.098	-9195.216	
	26	669.931	1693.860	826.231	4239.696	-2961.831	869.668	-869.668	8299.386	-641.476	
26	26	669.969	1694.489	827.024	4240.732	-2962.652	869.721	-869.721	8301.935	-640.890	
	27	1657.980	4421.658	1947.677	5569.160	-2984.301	582.566	-523.200	14179.041	4519.814	
27	27	1657.997	4422.042	1948.180	5569.884	-2984.823	582.626	-523.256	14180.729	4520.140	
	28	2145.357	5780.832	2498.544	6229.715	-2989.396	359.595	-355.262	17014.043	7080.075	
28	28	2145.365	5780.985	2498.739	6229.983	-2989.582	359.657	-355.261	17014.729	7080.246	
	29	2145.347	5780.949	2498.729	6230.586	-2990.597	359.645	-355.257	17015.256	7079.171	
29	29	2145.339	5780.797	2498.534	6230.275	-2990.362	359.583	-355.256	17014.528	7079.052	
	30	1657.802	4421.538	1947.990	5571.357	-2987.664	582.655	-523.257	14181.342	4516.409	
30	30	1657.786	4421.153	1947.468	5570.599	-2987.109	582.594	-523.201	14179.600	4516.097	
	31	669.654	1693.680	826.701	4242.550	-2966.852	869.582	-869.582	8302.167	-646.399	
31	31	669.617	1693.044	825.881	4241.475	-2966.001	869.529	-869.529	8299.546	-646.988	
	32	-884.772	-2437.291	-908.450	2874.510	-3751.560	1210.413	-1210.413	-145.589	-9192.485	
32	32	-884.811	-2437.881	-909.196	2875.795	-3753.134	1210.374	-1210.374	-145.719	-9195.396	
	33	-3064.881	-8030.293	-3323.136	2562.306	-6468.458	1542.410	-1542.410	-10313.594	-22429.178	
33	33	-3064.903	-8030.659	-3323.668	2562.832	-6469.229	1542.388	-1542.388	-10314.010	-22430.847	
	34	-5010.051	-12859.855	-5467.923	3084.564	-9405.277	1765.825	-1765.825	-18487.440	-34508.931	P4
34	34	-5010.132	-12860.101	-5467.802	3082.148	-9402.912	1768.777	-1768.777	-18487.110	-34509.724	P4
	35	-3178.925	-8338.890	-3430.057	2507.465	-6529.310	1568.919	-1568.919	-10871.488	-23046.101	
35	35	-3178.920	-8338.579	-3429.577	2506.985	-6528.607	1568.951	-1568.951	-10871.140	-23044.634	
	36	-1162.471	-3188.485	-1168.866	2769.867	-3896.440	1271.115	-1271.115	-1478.840	-10687.377	
36	36	-1162.454	-3187.913	-1168.092	2768.585	-3894.676	1271.169	-1271.169	-1478.705	-10684.304	
	37	228.456	500.502	413.302	4047.286	-3178.340	964.875	-964.875	6154.421	-3000.955	
37	37	228.469	501.043	414.024	4048.270	-3179.117	964.935	-964.935	6156.741	-3000.517	
	38	1053.065	2786.463	1381.699	5294.123	-3263.160	653.447	-653.447	11168.797	1304.620	
38	38	1053.070	2786.826	1382.189	5294.877	-3263.730	653.509	-653.509	11170.471	1304.846	
	39	1376.612	3702.798	1779.357	5874.651	-3349.767	384.748	-388.429	13118.166	3120.571	
39	39	1376.608	3702.913	1779.527	5874.919	-3349.968	384.810	-388.429	13118.777	3120.651	
	40	1212.869	3260.392	1625.928	5796.831	-3433.086	263.603	-275.900	12159.623	2390.203	
40	40	1212.859	3260.239	1625.731	5796.569	-3432.892	263.541	-275.897	12158.939	2390.040	
	41	561.909	1459.078	920.406	5058.366	-3512.982	458.854	-287.572	8458.613	-859.161	
41	41	561.889	1458.651	919.843	5057.583	-3512.413	458.791	-287.516	8456.757	-859.547	
	42	-590.995	-1715.614	-359.801	3963.668	-3638.216	652.064	-598.916	1949.322	-6903.542	
42	42	-591.016	-1716.170	-360.517	3962.975	-3637.698	652.008	-598.869	1947.279	-6904.270	
	43	-2310.205	-6297.029	-2261.181	2499.214	-4303.506	905.180	-905.180	-7464.021	-16077.101	
43	43	-2310.219	-6297.545	-2261.876	2500.090	-4305.096	905.145	-905.145	-7464.405	-16079.881	
	44	-4655.452	-12348.920	-4854.965	1534.690	-7001.123	1202.892	-1202.892	-19121.755	-30063.352	
44	44	-4655.447	-12349.160	-4855.354	1535.191	-7001.807	1202.878	-1202.878	-19121.892	-30064.646	
	45	-6717.950	-17512.022	-7139.280	1948.805	-9987.576	1402.797	-1402.797	-28017.650	-42759.625	P5
45	45	-6717.949	-17511.977	-7139.190	1948.677	-9987.400	1402.800	-1402.800	-28017.639	-42759.316	P5
	46	-4362.056	-11571.718	-4559.478	1724.725	-6899.922	1323.564	-1323.564	-17444.963	-28716.738	
46	46	-4361.998	-11571.099	-4558.659	1724.033	-6898.880	1323.609	-1323.609	-17444.114	-28714.245	
	47	-1595.313	-4401.437	-1537.963	2444.868	-3959.881	1198.668	-1198.668	-3891.177	-12693.262	
47	47	-1595.218	-4400.491	-1536.821	2443.396	-3957.926	1198.734	-1198.734	-3890.400	-12689.190	
	48	546.850	1303.723	794.818	4316.270	-3060.079	1065.576	-1065.576	8027.237	-1480.264	
48	48	546.942	1304.678	795.957	4317.750	-3061.163	1065.650	-1065.650	8030.977	-1479.236	
	49	2119.763	5601.603	2507.259	5986.694	-2695.851	927.449	-927.449	17142.768	6605.325	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
49	49	2119.839	5602.370	2508.161	5987.890	-2696.662	927.521	-927.521	17145.781	6606.187	
	50	3179.286	8529.558	3648.250	7009.437	-2313.346	787.070	-787.070	23153.601	12256.678	
50	50	3179.346	8530.057	3648.785	7010.070	-2313.740	787.137	-787.137	23155.395	12257.311	
	51	3736.510	10100.998	4246.521	7390.617	-1931.824	645.779	-645.779	26120.425	15506.426	
51	51	3736.549	10101.180	4246.579	7390.655	-1931.749	645.838	-645.838	26120.801	15506.721	
	52	3792.113	10324.287	4315.989	7118.304	-1559.741	504.279	-504.279	26054.972	16368.369	
52	52	3792.124	10324.114	4315.531	7117.586	-1559.131	504.330	-504.330	26053.685	16368.308	
	53	3346.616	9201.920	3856.658	6173.570	-1195.350	362.790	-362.790	22941.554	14847.054	
53	53	3346.614	9201.480	3855.774	6172.406	-1194.340	362.836	-362.836	22939.110	14846.692	
	54	2405.787	6722.164	2848.011	4501.842	-818.299	221.260	-221.260	16699.064	10936.403	
54	54	2405.766	6721.472	2846.744	4500.235	-816.884	221.301	-221.301	16695.518	10935.797	
	55	997.280	2843.355	1234.597	1977.721	-369.999	79.470	-79.470	7132.423	4625.762	
55	55	997.391	2843.162	1233.646	1977.290	-369.156	79.524	-79.524	7131.013	4625.520	
	56	-0.195	-0.365	0.240	1.105	-1.563	0.053	-0.053	0.838	-1.937	P6

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-0.267	-0.472	0.000	13.364	-22.153	0.099	-0.099	12.724	-22.991	P1
	58	963.979	2602.436	916.590	2022.363	-322.181	76.042	-76.042	6581.410	4084.782	
57	58	963.902	2603.063	917.322	2021.925	-321.749	75.989	-75.989	6582.201	4086.548	
	59	2364.010	6406.858	2349.629	4505.257	-762.231	214.832	-214.832	15840.586	10143.434	
58	59	2364.026	6407.736	2350.587	4503.882	-761.684	214.789	-214.789	15841.020	10145.875	
	60	3308.949	8910.974	3336.376	6155.861	-1141.126	354.159	-354.159	22066.319	14061.014	
59	60	3308.982	8911.728	3337.194	6154.614	-1140.636	354.114	-354.114	22066.632	14063.154	
	61	3759.858	10068.729	3822.681	7086.510	-1513.550	493.383	-493.383	25231.161	15644.335	
60	61	3759.854	10069.035	3823.015	7085.849	-1513.245	493.331	-493.331	25231.084	15645.328	
	62	3709.436	9871.196	3787.997	7360.555	-1890.672	632.521	-632.521	25361.705	14845.436	
61	62	3709.407	9871.115	3787.884	7360.478	-1890.614	632.461	-632.461	25361.345	14845.331	
	63	3158.422	8322.146	3232.874	6995.740	-2292.222	771.904	-771.904	22481.086	11649.316	
62	63	3158.380	8321.740	3232.350	6996.246	-2292.320	771.839	-771.839	22480.555	11648.311	
	64	2108.070	5431.549	2171.482	6000.453	-2735.931	912.158	-912.158	16623.712	6063.012	
63	64	2107.998	5430.763	2170.555	6001.405	-2736.199	912.083	-912.083	16622.804	6061.034	
	65	546.365	1210.956	631.802	4359.747	-3163.139	1055.015	-1055.015	7803.885	-1829.031	
64	65	546.296	1210.061	630.753	4360.789	-3163.452	1054.946	-1054.946	7802.846	-1831.287	
	66	-1581.658	-4311.603	-1336.498	2447.462	-4061.981	1202.653	-1202.653	-3579.644	-12494.393	
65	66	-1581.757	-4312.666	-1337.584	2447.027	-4060.425	1202.587	-1202.587	-3582.393	-12495.019	
	67	-4333.947	-11093.737	-3671.653	1670.424	-7027.994	1359.121	-1359.121	-16069.792	-27486.452	
66	67	-4333.983	-11094.334	-3672.220	1670.682	-7027.506	1359.085	-1359.085	-16070.770	-27487.128	
	68	-6680.650	-16544.898	-5471.697	1820.831	-10346.006	1477.062	-1477.062	-25399.352	-40520.313	P2
67	68	-6680.577	-16544.793	-5471.758	1847.142	-10390.242	1477.119	-1477.119	-25372.867	-40564.489	P2
	69	-4629.873	-11882.386	-3969.955	1502.358	-7254.370	1239.858	-1239.858	-17739.998	-28976.442	
68	69	-4629.877	-11882.031	-3969.734	1501.944	-7254.485	1239.875	-1239.875	-17739.823	-28976.002	
	70	-2299.443	-6221.998	-2057.315	2547.859	-4449.179	913.667	-913.667	-7117.230	-15941.602	
69	70	-2299.433	-6221.359	-2056.702	2547.741	-4450.221	913.700	-913.700	-7116.053	-15941.415	
	71	-591.155	-1814.045	-507.740	4050.932	-3676.700	648.770	-596.577	1786.762	-7186.217	
70	71	-591.143	-1813.468	-507.101	4050.578	-3676.558	648.824	-596.624	1787.691	-7184.894	
	72	554.519	1295.499	614.420	5097.048	-3508.832	452.558	-284.404	8014.044	-1328.798	
71	72	554.533	1295.948	614.935	5096.527	-3508.637	452.621	-284.461	8014.564	-1327.681	
	73	1201.307	3074.853	1261.422	5825.515	-3394.127	258.793	-270.673	11621.890	1872.782	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
72	73	1201.315	3075.010	1261.596	5825.299	-3394.105	258.854	-270.674	11622.074	1873.142	
	74	1364.025	3515.057	1411.645	5903.004	-3314.960	377.935	-381.236	12571.666	2594.531	
73	74	1364.031	3514.940	1411.488	5903.232	-3314.990	377.873	-381.235	12571.564	2594.234	
	75	1042.701	2615.835	1064.079	5333.351	-3256.274	643.979	-643.979	10699.945	822.362	
74	75	1042.706	2615.478	1063.651	5333.921	-3256.440	643.917	-643.917	10699.673	821.478	
	76	223.167	386.884	238.007	4098.493	-3281.434	956.365	-956.365	5902.916	-3389.741	
75	76	223.161	386.277	237.327	4099.226	-3281.584	956.303	-956.303	5902.294	-3391.122	
	77	-1159.261	-3144.953	-1023.444	2760.739	-4008.989	1273.784	-1273.784	-1293.135	-10610.431	
76	77	-1159.270	-3145.564	-1024.053	2760.426	-4007.889	1273.734	-1273.734	-1294.727	-10610.510	
	78	-3163.959	-7937.056	-2661.139	2446.880	-6679.142	1600.600	-1600.600	-9714.674	-22041.896	
77	78	-3163.962	-7937.491	-2661.479	2447.222	-6678.818	1600.569	-1600.569	-9715.141	-22042.319	
	79	-4986.276	-11998.969	-3982.520	2959.228	-9732.965	1838.435	-1838.435	-16170.102	-32539.165	P3
78	79	-4986.293	-11999.009	-3982.536	2970.699	-9752.251	1838.460	-1838.460	-16158.679	-32558.549	P3
	80	-3048.860	-7626.365	-2555.211	2514.608	-6645.562	1576.263	-1576.263	-9139.565	-21452.261	
79	80	-3048.838	-7625.896	-2554.842	2514.294	-6645.755	1576.284	-1576.284	-9138.998	-21451.615	
	81	-881.175	-2393.660	-767.250	2882.393	-3883.139	1214.885	-1214.885	55.193	-9140.109	
80	81	-881.135	-2392.950	-766.552	2882.737	-3884.259	1214.924	-1214.924	57.024	-9139.820	
	82	664.148	1578.626	644.740	4270.327	-3058.569	862.914	-862.914	8020.755	-1033.970	
81	82	664.170	1579.233	645.423	4269.643	-3058.395	862.966	-862.966	8021.435	-1032.534	
	83	1645.852	4246.283	1621.392	5585.861	-2974.823	574.151	-516.032	13673.539	4022.672	
82	83	1645.869	4246.735	1621.920	5585.262	-2974.644	574.214	-516.090	13674.000	4023.790	
	84	2129.731	5585.340	2119.713	6233.041	-2942.776	353.134	-348.646	16420.959	6543.362	
83	84	2129.735	5585.490	2119.902	6232.823	-2942.722	353.196	-348.646	16421.146	6543.759	
	85	2129.723	5585.470	2119.888	6231.561	-2942.033	353.187	-348.641	16419.829	6544.407	
84	85	2129.719	5585.321	2119.699	6231.824	-2942.056	353.125	-348.641	16419.688	6544.042	
	86	1645.830	4246.659	1621.880	5581.183	-2972.172	574.205	-516.141	13669.757	4026.056	
85	86	1645.814	4246.209	1621.352	5581.825	-2972.392	574.142	-516.083	13669.342	4024.900	
	87	664.095	1579.063	645.363	4262.190	-3053.818	863.154	-863.154	8013.864	-1028.452	
86	87	664.073	1578.458	644.680	4262.916	-3054.030	863.103	-863.103	8013.230	-1029.922	
	88	-881.246	-2393.231	-766.645	2888.206	-3894.832	1215.387	-1215.387	62.471	-9151.341	
87	88	-881.284	-2393.947	-767.336	2887.849	-3893.642	1215.346	-1215.346	60.628	-9151.555	
	89	-3048.964	-7626.237	-2554.894	2522.252	-6661.851	1577.207	-1577.207	-9130.636	-21469.153	
88	89	-3048.984	-7626.724	-2555.269	2522.545	-6661.529	1577.184	-1577.184	-9131.248	-21469.690	
	90	-4986.394	-11999.303	-3982.468	2982.041	-9771.567	1839.804	-1839.804	-16146.320	-32579.536	P4
89	90	-4986.315	-11999.060	-3982.607	2954.436	-9724.242	1836.850	-1836.850	-16176.696	-32529.074	P4
	91	-3164.036	-7937.670	-2661.604	2442.138	-6672.968	1599.514	-1599.514	-9721.658	-22035.792	
90	91	-3164.031	-7937.229	-2661.265	2441.786	-6673.295	1599.546	-1599.546	-9721.193	-22035.366	
	92	-1159.327	-3145.699	-1024.151	2756.771	-4006.555	1273.219	-1273.219	-1299.187	-10608.951	
91	92	-1159.315	-3145.091	-1023.536	2757.076	-4007.635	1273.268	-1273.268	-1297.598	-10608.845	
	93	223.145	386.223	237.277	4103.282	-3284.032	956.094	-956.094	5906.020	-3393.481	
92	93	223.154	386.837	237.956	4102.520	-3283.860	956.155	-956.155	5906.623	-3392.067	
	94	1042.733	2615.547	1063.673	5337.583	-3258.723	643.856	-643.856	10703.392	819.374	
93	94	1042.732	2615.912	1064.102	5336.984	-3258.531	643.918	-643.918	10703.648	820.297	
	95	1364.124	3515.181	1411.594	5906.764	-3317.051	377.838	-381.220	12575.501	2592.628	
94	95	1364.121	3515.307	1411.751	5906.504	-3317.053	377.901	-381.220	12575.584	2592.906	
	96	1201.445	3075.337	1261.736	5828.790	-3395.997	258.846	-270.681	11626.154	1871.840	
95	96	1201.439	3075.188	1261.563	5828.976	-3396.051	258.784	-270.678	11625.950	1871.461	
	97	554.703	1296.391	615.128	5100.345	-3510.721	452.609	-284.434	8019.176	-1328.933	
96	97	554.692	1295.949	614.612	5100.901	-3510.877	452.546	-284.379	8018.701	-1330.002	
	98	-590.944	-1812.961	-506.904	4054.768	-3679.094	648.809	-596.592	1792.768	-7186.495	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
97	98	-590.954	-1813.534	-507.526	4055.157	-3679.203	648.754	-596.544	1791.897	-7187.761	
	99	-2299.242	-6220.854	-2056.503	2544.753	-4445.080	913.650	-913.650	-7118.196	-15935.329	
98	99	-2299.251	-6221.487	-2057.114	2544.868	-4444.080	913.617	-913.617	-7119.367	-15935.549	
	100	-4630.303	-11882.976	-3970.042	1497.992	-7248.335	1239.845	-1239.845	-17745.484	-28971.501	
99	100	-4630.298	-11883.304	-3970.255	1498.439	-7248.323	1239.831	-1239.831	-17745.587	-28972.011	
	101	-6680.611	-16544.843	-5471.822	1842.028	-10382.193	1476.962	-1476.962	-25378.286	-40556.431	P5
100	101	-6680.633	-16544.813	-5471.692	1828.982	-10360.012	1476.944	-1476.944	-25391.212	-40534.094	P5
	102	-4333.411	-11092.971	-3671.741	1677.361	-7037.749	1359.009	-1359.009	-16061.753	-27494.881	
101	102	-4333.374	-11092.364	-3671.169	1677.119	-7038.262	1359.046	-1359.046	-16060.742	-27494.215	
	103	-1581.881	-4312.993	-1337.683	2451.674	-4068.310	1202.595	-1202.595	-3578.288	-12503.462	
102	103	-1581.784	-4311.940	-1336.606	2452.135	-4069.880	1202.661	-1202.661	-3575.534	-12502.871	
	104	546.499	1210.590	630.951	4355.979	-3160.395	1054.941	-1054.941	7798.959	-1827.297	
103	104	546.567	1211.494	631.989	4354.939	-3160.113	1055.012	-1055.012	7800.001	-1825.075	
	105	2107.841	5430.359	2170.393	5998.233	-2734.269	912.112	-912.112	16618.938	6062.212	
104	105	2107.910	5431.134	2171.312	5997.306	-2734.036	912.186	-912.186	16619.848	6064.134	
	106	3158.392	8321.796	3232.344	6993.903	-2290.820	771.833	-771.833	22478.268	11649.879	
105	106	3158.434	8322.202	3232.871	6993.427	-2290.756	771.899	-771.899	22478.833	11650.852	
	107	3709.295	9870.810	3787.750	7359.077	-1890.289	632.479	-632.479	25359.411	14845.087	
106	107	3709.321	9870.885	3787.860	7359.170	-1890.312	632.538	-632.538	25359.774	14845.216	
	108	3759.732	10068.726	3822.883	7086.500	-1513.324	493.318	-493.318	25231.159	15644.699	
107	108	3759.732	10068.398	3822.508	7087.220	-1513.608	493.370	-493.370	25231.228	15643.660	
	109	3308.924	8911.567	3337.105	6156.539	-1141.923	354.123	-354.123	22068.258	14061.550	
108	109	3308.889	8910.810	3336.288	6157.772	-1142.370	354.168	-354.168	22067.927	14059.449	
	110	2364.001	6407.642	2350.500	4507.065	-763.572	214.796	-214.796	15844.004	10143.776	
109	110	2363.981	6406.759	2349.560	4508.456	-764.068	214.838	-214.838	15843.594	10141.394	
	111	963.912	2603.083	917.313	2027.479	-325.376	75.997	-75.997	6587.784	4082.935	
110	111	963.986	2602.448	916.579	2027.913	-325.765	76.050	-76.050	6586.976	4081.198	
	112	-0.236	-0.390	0.039	9.148	-15.088	0.080	-0.080	8.641	-15.755	P6

< SHEAR FORCE >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-377.504	-1079.205	-468.576	141.151	-840.301	28.397	-28.397	-1755.737	-2793.983	P1
	2	-334.331	-950.505	-411.830	156.498	-755.716	28.397	-28.397	-1511.771	-2480.779	
2	2	-318.449	-883.869	-370.344	126.736	-702.107	28.085	-28.085	-1417.840	-2302.854	
	3	-239.379	-652.036	-268.126	182.957	-568.582	28.085	-28.085	-948.499	-1756.208	
3	3	-227.408	-607.010	-250.727	172.327	-555.118	28.042	-28.042	-884.776	-1668.305	
	4	-143.768	-375.140	-148.491	280.044	-462.292	28.042	-28.042	-359.314	-1157.734	
4	4	-132.311	-338.132	-141.980	228.056	-466.559	28.029	-28.029	-356.338	-1107.011	
	5	-44.128	-106.299	-39.761	350.034	-377.086	28.029	-28.029	187.875	-595.304	
5	5	-33.092	-71.741	-37.372	289.874	-394.407	28.037	-28.037	175.706	-564.651	
	6	55.110	160.141	64.869	404.483	-305.737	28.037	-28.037	712.640	-53.655	
6	6	66.263	195.234	67.279	365.532	-341.941	27.996	-27.996	722.305	-41.160	
	7	154.454	427.087	169.506	465.283	-244.002	27.996	-27.996	1244.325	479.048	
7	7	165.711	463.760	174.663	458.653	-292.262	27.814	-27.814	1290.601	484.058	
	8	253.892	695.587	276.879	554.531	-199.271	27.814	-27.814	1808.704	999.273	
8	8	265.107	735.038	287.787	558.827	-237.199	27.369	-27.369	1874.130	1023.366	
	9	360.133	966.892	390.016	670.033	-158.710	27.369	-27.369	2414.442	1530.961	

부재 번 호	절점 번 호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
		Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
9	9	371.695	1013.551	410.564	688.578	-196.514	26.364	-26.364	2510.752	1572.932	
	10	478.124	1245.437	512.806	805.331	-122.530	26.364	-26.364	3068.062	2087.473	
10	10	489.688	1304.068	547.160	852.098	-170.633	24.736	-24.736	3217.749	2145.547	
	11	609.000	1535.900	649.378	976.245	-145.493	24.736	-24.736	3795.259	2624.049	
11	11	619.858	1599.578	694.141	1056.772	-243.963	22.397	-22.397	3992.747	2647.217	
	12	715.324	1761.907	765.715	1149.652	-232.358	22.397	-22.397	4414.995	2988.190	P2
12	12	-632.176	-1541.624	-681.868	296.542	-1122.115	56.533	-56.533	-2502.593	-4034.315	P2
	13	-536.733	-1379.335	-610.312	305.198	-1027.433	56.533	-56.533	-2164.649	-3610.345	
13	13	-525.573	-1314.518	-564.729	204.229	-943.297	58.964	-58.964	-2141.628	-3407.081	
	14	-406.256	-1082.675	-462.506	233.802	-817.333	58.964	-58.964	-1658.671	-2827.734	
14	14	-394.464	-1023.193	-427.550	197.646	-774.020	60.662	-60.662	-1586.899	-2679.890	
	15	-288.049	-791.338	-325.322	242.950	-656.678	60.662	-60.662	-1101.097	-2122.048	
15	15	-276.467	-744.569	-304.540	221.731	-638.746	61.667	-61.667	-1042.177	-2025.990	
	16	-182.954	-512.696	-202.304	277.073	-529.782	61.667	-61.667	-559.213	-1489.404	
16	16	-171.505	-472.670	-190.816	263.860	-528.091	62.093	-62.093	-509.037	-1425.175	
	17	-86.355	-240.823	-88.590	338.951	-436.582	62.093	-62.093	-14.724	-914.444	
17	17	-75.010	-203.581	-81.538	328.387	-437.236	62.221	-62.221	30.480	-859.585	
	18	10.134	28.253	20.681	412.368	-355.073	62.221	-62.221	533.656	-358.227	
18	18	21.488	65.446	27.533	412.204	-368.431	62.080	-62.080	588.750	-316.044	
	19	106.644	297.312	129.766	505.028	-295.945	62.080	-62.080	1100.830	175.698	
19	19	117.935	336.657	140.517	507.484	-310.280	61.660	-61.660	1164.252	223.169	
	20	211.444	568.517	242.748	616.297	-255.356	61.660	-61.660	1700.665	705.693	
20	20	222.999	614.503	262.059	632.663	-275.768	60.599	-60.599	1792.823	763.194	
	21	329.416	846.364	364.291	750.114	-231.376	60.599	-60.599	2350.784	1248.096	
21	21	341.046	903.942	396.579	790.869	-267.237	58.877	-58.877	2491.313	1315.454	
	22	460.375	1135.808	498.813	916.510	-238.123	58.877	-58.877	3070.382	1797.996	
22	22	471.381	1198.002	540.739	992.429	-324.464	56.397	-56.397	3258.949	1829.261	
	23	566.825	1360.293	612.296	1086.662	-318.462	56.397	-56.397	3682.473	2164.555	P3
23	23	-599.119	-1447.573	-642.465	303.214	-1103.155	63.345	-63.345	-2322.598	-3855.656	P3
	24	-503.684	-1285.296	-570.915	311.106	-1008.848	63.345	-63.345	-1985.443	-3432.087	
24	24	-492.756	-1223.335	-529.102	222.807	-933.223	65.842	-65.842	-1956.544	-3244.257	
	25	-373.416	-991.448	-426.859	253.286	-807.405	65.842	-65.842	-1472.597	-2664.971	
25	25	-361.844	-934.024	-394.629	218.783	-766.898	67.576	-67.576	-1404.138	-2524.971	
	26	-255.425	-702.157	-292.396	263.554	-649.431	67.576	-67.576	-918.848	-1966.984	
26	26	-243.820	-656.040	-273.058	243.245	-632.954	68.628	-68.628	-861.044	-1874.499	
	27	-150.315	-424.188	-170.831	298.469	-524.075	68.628	-68.628	-378.238	-1338.037	
27	27	-139.098	-385.039	-160.115	284.582	-522.044	69.052	-69.052	-330.617	-1275.349	
	28	-53.951	-153.196	-57.891	357.627	-429.495	69.052	-69.052	161.641	-763.585	
28	28	-42.570	-115.913	-51.109	347.073	-430.135	69.185	-69.185	206.666	-708.911	
	29	42.577	115.927	51.113	429.905	-346.665	69.185	-69.185	708.707	-206.233	
29	29	53.959	153.212	57.895	429.869	-357.819	69.041	-69.041	763.976	-161.794	
	30	139.123	385.101	160.139	521.865	-284.173	69.041	-69.041	1275.269	331.149	
30	30	150.339	424.249	170.854	524.371	-298.532	68.601	-68.601	1338.412	378.309	
	31	243.844	656.100	273.081	632.819	-242.884	68.601	-68.601	1874.443	861.539	
31	31	255.446	702.209	292.422	649.362	-263.229	67.521	-67.521	1966.961	919.327	
	32	361.845	934.030	394.636	766.846	-218.519	67.521	-67.521	2524.877	1404.471	
32	32	373.419	991.463	426.886	807.328	-252.986	65.750	-65.750	2664.845	1473.032	
	33	492.758	1223.349	529.128	933.130	-222.454	65.750	-65.750	3244.115	1957.032	
33	33	503.697	1285.340	570.967	1008.764	-310.508	63.224	-63.224	3431.992	1986.272	
	34	599.132	1447.616	642.517	1102.933	-302.781	63.224	-63.224	3855.423	2323.260	P4

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
34	34	-566.850	-1360.362	-612.331	316.851	-1085.706	56.547	-56.547	-2166.145	-3681.796	P4
	35	-471.406	-1198.071	-540.774	322.764	-991.637	56.547	-56.547	-1830.941	-3258.436	
35	35	-460.388	-1135.841	-498.821	237.053	-915.971	58.983	-58.983	-1799.014	-3070.003	
	36	-341.059	-903.975	-396.587	266.208	-790.292	58.983	-58.983	-1316.431	-2490.896	
36	36	-329.425	-846.387	-364.296	230.854	-749.885	60.659	-60.659	-1248.596	-2350.652	
	37	-223.007	-614.526	-262.065	275.212	-632.424	60.659	-60.659	-763.728	-1792.681	
37	37	-211.451	-568.538	-242.755	255.113	-616.197	61.687	-61.687	-705.943	-1700.629	
	38	-117.942	-336.677	-140.524	310.237	-507.586	61.687	-61.687	-223.219	-1164.417	
38	38	-106.651	-297.329	-129.771	295.841	-505.011	62.090	-62.090	-175.820	-1100.852	
	39	-21.495	-65.463	-27.537	368.414	-412.245	62.090	-62.090	316.009	-588.831	
39	39	-10.141	-28.269	-20.687	355.050	-412.386	62.223	-62.223	358.176	-533.706	
	40	75.003	203.564	81.532	437.215	-328.423	62.223	-62.223	859.538	-30.547	
40	40	86.348	240.801	88.579	436.607	-338.988	62.093	-62.093	914.427	14.646	
	41	171.497	472.648	190.804	528.030	-263.837	62.093	-62.093	1425.072	509.020	
41	41	182.943	512.667	202.291	529.871	-277.141	61.667	-61.667	1489.439	559.093	
	42	276.456	744.540	304.528	638.662	-221.634	61.667	-61.667	2025.852	1042.222	
42	42	288.031	791.295	325.305	656.527	-242.780	60.664	-60.664	2121.821	1101.187	
	43	394.445	1023.150	427.534	773.896	-197.469	60.664	-60.664	2679.688	1586.996	
43	43	406.222	1082.592	462.466	817.115	-233.510	58.971	-58.971	2827.367	1658.800	
	44	525.539	1314.435	564.690	943.076	-203.987	58.971	-58.971	3406.711	2141.706	
44	44	536.676	1379.197	610.242	1027.210	-304.984	56.549	-56.549	3609.874	2164.581	
	45	632.146	1541.532	681.818	1121.958	-296.285	56.549	-56.549	4034.003	2502.661	P5
45	45	-715.333	-1761.940	-765.707	232.738	-1149.937	22.420	-22.420	-2987.821	-4415.336	P5
	46	-619.894	-1599.657	-694.154	244.360	-1057.111	22.420	-22.420	-2646.924	-3993.235	
46	46	-609.033	-1535.979	-649.405	145.691	-976.500	24.747	-24.747	-2623.980	-3795.663	
	47	-489.721	-1304.147	-547.186	170.843	-852.210	24.747	-24.747	-2145.465	-3218.011	
47	47	-478.145	-1245.490	-512.832	122.548	-805.521	26.368	-26.368	-2087.551	-3068.356	
	48	-371.717	-1013.604	-410.590	196.531	-688.615	26.368	-26.368	-1573.011	-2510.893	
48	48	-360.145	-966.921	-390.033	158.602	-669.967	27.370	-27.370	-1531.127	-2414.436	
	49	-265.119	-735.068	-287.805	237.187	-558.907	27.370	-27.370	-1023.435	-1874.269	
49	49	-253.902	-695.610	-276.891	199.089	-554.426	27.814	-27.814	-999.501	-1808.644	
	50	-165.704	-463.738	-174.655	292.363	-458.818	27.814	-27.814	-483.920	-1290.728	
50	50	-154.441	-427.049	-169.494	243.825	-465.153	27.996	-27.996	-479.163	-1244.133	
	51	-66.250	-195.197	-67.267	342.070	-365.708	27.996	-27.996	41.352	-722.419	
51	51	-55.097	-160.107	-64.858	305.569	-404.352	28.037	-28.037	53.544	-712.452	
	52	33.087	71.730	37.363	394.512	-290.056	28.037	-28.037	564.729	-175.913	
52	52	44.122	106.284	39.749	376.940	-349.961	28.029	-28.029	595.124	-187.834	
	53	132.322	338.163	141.988	466.653	-228.180	28.029	-28.029	1107.155	356.265	
53	53	143.781	375.172	148.502	462.260	-279.994	28.042	-28.042	1157.757	359.418	
	54	227.404	606.996	250.718	555.165	-172.354	28.042	-28.042	1668.325	884.721	
54	54	239.375	652.031	268.129	568.532	-182.911	28.086	-28.086	1756.154	948.538	
	55	318.461	883.909	370.367	702.111	-126.824	28.086	-28.086	2302.935	1417.827	
55	55	334.348	950.552	411.850	755.749	-156.593	28.402	-28.402	2480.901	1511.756	
	56	377.506	1079.207	468.576	840.350	-141.199	28.402	-28.402	2794.042	1755.689	P6

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-367.938	-997.677	-350.003	129.409	-862.946	27.372	-27.372	-1558.838	-2605.936	P1
	58	-325.090	-873.744	-309.000	146.237	-773.067	27.372	-27.372	-1334.226	-2308.273	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
57	58	-318.580	-870.537	-322.696	127.444	-715.100	27.700	-27.700	-1356.669	-2254.613	
	59	-240.081	-647.226	-248.813	188.183	-574.657	27.700	-27.700	-920.238	-1738.478	
58	59	-229.270	-611.053	-233.606	179.689	-569.497	27.804	-27.804	-866.436	-1671.231	
	60	-146.244	-387.733	-159.721	295.510	-465.539	27.804	-27.804	-370.385	-1187.042	
59	60	-133.724	-342.481	-133.797	239.589	-482.641	27.784	-27.784	-342.629	-1120.428	
	61	-46.176	-119.164	-59.913	366.517	-386.589	27.784	-27.784	169.049	-639.626	
60	61	-33.707	-72.166	-29.949	300.957	-412.002	27.773	-27.773	192.908	-575.597	
	62	53.827	151.116	43.924	419.886	-316.601	27.773	-27.773	696.526	-95.506	
61	62	66.131	197.317	73.767	377.608	-360.596	27.816	-27.816	742.640	-51.196	
	63	153.689	420.658	147.659	479.656	-253.936	27.816	-27.816	1229.479	440.255	
62	63	165.809	465.061	174.747	465.814	-310.990	27.999	-27.999	1299.430	466.628	
	64	253.342	688.338	248.618	563.852	-209.117	27.999	-27.999	1782.149	953.182	
63	64	265.471	730.088	270.001	567.654	-253.926	28.512	-28.512	1861.725	983.122	
	65	359.814	953.430	343.894	681.162	-166.648	28.512	-28.512	2366.813	1461.979	
64	65	372.522	990.070	355.580	702.271	-205.128	29.471	-29.471	2449.914	1483.572	
	66	478.148	1213.359	429.455	824.645	-125.071	29.471	-29.471	2975.078	1966.420	
65	66	491.206	1241.137	428.695	883.064	-163.556	31.228	-31.228	3075.330	1966.254	
	67	609.662	1464.459	502.581	1013.869	-133.453	31.228	-31.228	3621.799	2412.021	
66	67	622.547	1475.519	487.080	1119.936	-213.215	33.629	-33.629	3738.711	2338.303	
	68	717.284	1631.816	538.791	1217.818	-199.711	33.629	-33.629	4139.338	2654.551	P2
67	68	-632.771	-1406.805	-453.828	268.124	-1194.729	67.612	-67.612	-2157.668	-3755.744	P2
	69	-538.007	-1250.464	-402.102	276.865	-1094.955	67.612	-67.612	-1846.097	-3353.141	
68	69	-525.572	-1240.940	-418.505	196.121	-985.919	65.085	-65.085	-1923.811	-3236.022	
	70	-407.131	-1017.645	-344.628	228.741	-853.480	65.085	-65.085	-1475.577	-2687.969	
69	70	-394.393	-990.968	-345.978	199.126	-796.843	63.270	-63.270	-1468.943	-2591.452	
	71	-288.761	-767.664	-272.098	247.867	-673.806	63.270	-63.270	-1017.386	-2065.599	
70	71	-276.350	-731.885	-260.681	227.457	-652.777	62.286	-62.286	-979.172	-1983.980	
	72	-183.523	-508.561	-186.794	286.856	-538.291	62.286	-62.286	-529.736	-1479.456	
71	72	-171.304	-466.571	-165.924	271.516	-539.998	61.790	-61.790	-470.493	-1405.588	
	73	-86.780	-243.272	-92.046	355.212	-443.109	61.790	-61.790	-5.095	-926.996	
72	73	-74.727	-199.450	-66.877	336.465	-449.213	61.667	-61.667	57.078	-851.934	
	74	9.809	23.880	7.011	424.183	-361.686	61.667	-61.667	526.550	-382.653	
73	74	21.861	67.771	32.387	420.035	-379.711	61.806	-61.806	603.861	-319.496	
	75	106.375	291.044	106.257	516.592	-301.946	61.806	-61.806	1082.074	139.926	
74	75	118.471	332.955	127.777	516.991	-319.655	62.335	-62.335	1158.529	197.214	
	76	211.294	556.270	201.661	629.721	-259.567	62.335	-62.335	1661.280	647.323	
75	76	223.735	592.840	214.588	648.574	-279.659	63.339	-63.339	1743.076	688.165	
	77	329.371	816.153	288.471	771.638	-231.906	63.339	-63.339	2268.973	1138.751	
76	77	342.086	844.232	289.652	824.094	-261.900	65.209	-65.209	2365.273	1148.861	
	78	460.541	1067.553	363.538	956.263	-230.155	65.209	-65.209	2913.103	1596.268	
77	78	473.058	1079.511	350.687	1055.270	-298.939	67.800	-67.800	3026.326	1536.516	
	79	567.799	1235.815	402.400	1154.569	-292.934	67.800	-67.800	3428.382	1845.279	P3
78	79	-600.513	-1324.279	-432.619	277.502	-1171.610	74.721	-74.721	-2005.188	-3603.742	P3
	80	-505.753	-1167.945	-380.896	285.477	-1072.195	74.721	-74.721	-1694.397	-3201.510	
79	80	-493.097	-1155.590	-393.601	215.026	-973.188	72.107	-72.107	-1755.155	-3087.583	
	81	-374.656	-932.295	-319.724	248.173	-840.888	72.107	-72.107	-1306.395	-2539.670	
80	81	-361.855	-903.984	-318.494	219.598	-788.434	70.226	-70.226	-1294.510	-2442.993	
	82	-256.216	-680.665	-244.609	267.748	-665.261	70.226	-70.226	-843.515	-1916.976	
81	82	-243.648	-643.758	-231.657	247.864	-646.199	69.217	-69.217	-801.982	-1834.480	
	83	-150.829	-420.452	-157.776	308.145	-533.318	69.217	-69.217	-351.695	-1331.592	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
82	83	-138.801	-378.725	-136.258	291.047	-533.347	68.692	-68.692	-294.044	-1255.824	
	84	-54.278	-155.428	-62.380	369.293	-436.925	68.692	-68.692	165.899	-777.704	
83	84	-42.267	-111.666	-36.943	353.997	-441.605	68.564	-68.564	231.685	-701.045	
	85	42.272	111.674	36.949	442.093	-354.278	68.564	-68.564	701.551	-231.948	
84	85	54.283	155.439	62.385	436.616	-368.722	68.703	-68.703	777.427	-165.318	
	86	138.807	378.737	136.263	533.861	-291.299	68.703	-68.703	1256.371	293.804	
85	86	150.836	420.471	157.780	532.920	-307.410	69.244	-69.244	1331.252	352.433	
	87	243.656	643.778	231.661	646.777	-248.094	69.244	-69.244	1835.116	801.755	
86	87	256.223	680.687	244.615	665.942	-267.921	70.280	-70.280	1917.747	843.325	
	88	361.863	904.007	318.500	789.138	-219.802	70.280	-70.280	2443.789	1294.288	
87	88	374.660	932.306	319.717	841.666	-248.247	72.199	-72.199	2540.548	1306.237	
	89	493.101	1155.600	393.594	973.973	-215.040	72.199	-72.199	3088.467	1755.056	
88	89	505.747	1167.926	380.861	1072.962	-285.034	74.841	-74.841	3202.336	1694.658	
	90	600.506	1324.261	432.584	1172.201	-277.222	74.841	-74.841	3604.393	2005.288	P4
89	90	-567.789	-1235.790	-402.388	291.852	-1153.607	67.649	-67.649	-1846.466	-3427.223	P4
	91	-473.048	-1079.486	-350.676	297.712	-1054.517	67.649	-67.649	-1537.849	-3025.375	
90	91	-460.544	-1067.560	-363.543	229.432	-955.707	65.101	-65.101	-1597.113	-2912.455	
	92	-342.089	-844.239	-289.658	261.188	-823.507	65.101	-65.101	-1149.697	-2364.594	
91	92	-329.379	-816.170	-288.479	231.558	-771.457	63.278	-63.278	-1139.193	-2268.763	
	93	-223.742	-592.857	-214.596	279.279	-648.297	63.278	-63.278	-688.639	-1742.770	
92	93	-211.303	-556.293	-201.675	259.391	-629.602	62.305	-62.305	-647.575	-1661.177	
	94	-118.480	-332.978	-127.792	319.670	-517.092	62.305	-62.305	-197.275	-1158.647	
93	94	-106.384	-291.064	-106.267	301.852	-516.550	61.793	-61.793	-140.069	-1082.058	
	95	-21.853	-67.746	-32.383	379.731	-420.051	61.793	-61.793	319.543	-603.825	
94	95	-9.801	-23.856	-7.005	361.677	-424.176	61.663	-61.663	382.678	-526.501	
	96	74.718	199.430	66.869	449.194	-336.480	61.663	-61.663	851.874	-57.126	
95	96	86.773	243.250	92.035	443.121	-355.267	61.789	-61.789	926.968	5.002	
	97	171.297	466.550	165.914	539.929	-271.505	61.789	-61.789	1405.478	470.466	
96	97	183.517	508.550	186.794	538.334	-286.968	62.285	-62.285	1479.480	529.608	
	98	276.344	731.874	260.680	652.667	-227.403	62.285	-62.285	1983.850	979.211	
97	98	288.763	767.665	272.101	673.587	-247.771	63.267	-63.267	2065.383	1017.492	
	99	394.395	990.969	345.981	796.649	-199.070	63.267	-63.267	2591.261	1469.008	
98	99	407.150	1017.688	344.646	853.159	-228.532	65.076	-65.076	2687.719	1475.876	
	100	525.615	1241.028	418.538	985.674	-195.975	65.076	-65.076	3235.931	1924.130	
99	100	538.075	1250.616	402.164	1094.597	-276.651	67.594	-67.594	3353.046	1846.611	
	101	632.812	1406.913	453.875	1194.359	-267.876	67.594	-67.594	3755.552	2158.129	P5
100	101	-717.266	-1631.761	-538.788	200.147	-1218.726	33.607	-33.607	-2654.060	-4140.148	P5
	102	-622.502	-1475.420	-487.062	213.688	-1120.855	33.607	-33.607	-2337.689	-3739.447	
101	102	-609.620	-1464.367	-502.550	133.816	-1014.638	31.218	-31.218	-2411.503	-3622.392	
	103	-491.187	-1241.089	-428.678	163.943	-883.854	31.218	-31.218	-1965.794	-3076.026	
102	103	-478.140	-1213.335	-429.445	125.344	-825.246	29.468	-29.468	-1966.108	-2975.634	
	104	-372.493	-990.001	-355.555	205.419	-702.698	29.468	-29.468	-1483.163	-2450.216	
103	104	-359.795	-953.388	-343.878	166.861	-681.445	28.511	-28.511	-1461.688	-2367.017	
	105	-265.470	-730.089	-270.000	253.602	-567.448	28.511	-28.511	-983.446	-1861.518	
104	105	-253.343	-688.340	-248.616	209.272	-564.101	28.000	-28.000	-953.027	-1782.400	
	106	-165.793	-465.018	-174.730	310.757	-465.662	28.000	-28.000	-466.785	-1299.204	
105	106	-153.678	-420.626	-147.648	254.096	-479.875	27.817	-27.817	-440.038	-1229.643	
	107	-66.137	-197.329	-73.770	360.359	-377.473	27.817	-27.817	50.940	-742.526	
106	107	-53.833	-151.131	-43.931	316.743	-420.125	27.773	-27.773	95.622	-696.792	
	108	33.719	72.196	29.957	411.781	-300.790	27.773	-27.773	575.426	-192.691	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
107	108	46.189	119.198	59.923	386.778	-366.785	27.785	-27.785	639.873	-169.262	
	109	133.720	342.471	133.792	482.355	-239.425	27.785	-27.785	1120.124	342.773	
108	109	146.237	387.720	159.721	465.786	-295.885	27.805	-27.805	1187.269	369.989	
	110	229.263	611.039	233.606	569.123	-179.463	27.805	-27.805	1670.836	866.640	
109	110	240.074	647.202	248.802	574.240	-187.902	27.700	-27.700	1738.017	920.476	
	111	318.572	870.513	322.684	714.700	-127.295	27.700	-27.700	2254.169	1356.774	
110	111	325.081	873.719	308.982	772.577	-145.962	27.367	-27.367	2307.727	1334.453	
	112	367.930	997.651	349.985	862.415	-129.190	27.367	-27.367	2605.349	1559.009	P6

< TORSION MOMENT >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-36.941	-207.325	-257.056	776.297	-756.237	3.482	-2.608	278.456	-1260.167	P1
	2	-36.941	-176.789	-189.449	749.042	-766.524	3.482	-2.608	349.346	-1172.310	
2	2	-50.426	-298.079	-358.551	1019.410	-998.358	5.044	-3.565	317.399	-1708.978	
	3	-50.426	-243.072	-236.768	1013.532	-1018.282	5.044	-3.565	488.311	-1552.112	
3	3	-39.921	-247.630	-306.811	915.810	-901.730	4.780	-2.654	326.228	-1498.746	
	4	-39.921	-192.614	-185.009	910.754	-921.657	4.780	-2.654	497.990	-1341.855	
4	4	-23.044	-154.361	-213.309	716.981	-656.940	3.812	-3.216	330.080	-1050.870	
	5	-23.044	-99.354	-91.525	664.884	-676.865	3.812	-3.216	454.773	-894.004	
5	5	-0.938	-40.272	-101.616	530.584	-485.186	2.579	-4.071	390.337	-632.082	
	6	-0.938	14.747	20.194	434.650	-506.788	2.579	-4.071	471.232	-476.856	
6	6	19.669	69.689	7.959	525.245	-486.035	4.993	-5.046	627.555	-393.763	
	7	19.669	124.700	129.752	508.806	-584.504	4.993	-5.046	787.921	-315.427	
7	7	37.220	166.926	104.119	711.584	-714.956	7.881	-7.881	1027.730	-414.572	
	8	37.220	221.932	225.899	691.660	-741.704	7.881	-7.881	1184.592	-264.533	
8	8	49.892	240.352	173.551	916.023	-915.546	10.803	-10.803	1390.620	-462.554	
	9	49.892	295.364	295.345	896.097	-915.605	10.803	-10.803	1547.500	-285.807	
9	9	54.205	267.368	199.401	1049.903	-1060.566	12.433	-12.433	1583.310	-552.024	
	10	54.205	322.388	321.212	1029.974	-1062.141	12.433	-12.433	1740.212	-376.769	
10	10	48.279	223.751	164.721	1096.854	-1082.390	12.323	-12.323	1545.928	-657.962	
	11	48.279	278.758	286.504	1077.423	-1130.721	12.323	-12.323	1703.287	-529.503	
11	11	32.767	123.427	77.522	1045.786	-996.632	9.723	-9.723	1289.225	-772.639	
	12	32.767	161.943	162.794	1034.177	-1044.061	9.723	-9.723	1401.404	-696.280	P2
12	12	14.023	6.287	-55.074	966.754	-926.401	4.251	-4.251	936.241	-965.416	P2
	13	14.023	44.794	30.178	964.753	-938.002	4.251	-4.251	1057.998	-853.259	
13	13	-4.014	-118.362	-183.292	1036.874	-950.744	3.962	-3.437	735.168	-1259.849	
	14	-4.014	-63.353	-61.503	988.339	-970.176	3.962	-3.437	863.432	-1102.482	
14	14	-14.388	-174.378	-223.988	958.469	-864.758	3.921	-5.190	549.636	-1282.701	
	15	-14.388	-119.366	-102.193	912.458	-884.190	3.921	-5.190	680.433	-1125.327	
15	15	-15.876	-162.381	-205.023	798.667	-716.694	3.507	-5.465	418.895	-1105.439	
	16	-15.876	-107.364	-83.218	752.809	-736.622	3.507	-5.465	549.858	-948.546	
16	16	-11.353	-109.527	-145.860	644.990	-539.471	2.609	-4.650	380.859	-810.862	
	17	-11.353	-54.516	-24.069	557.746	-563.203	2.609	-4.650	470.417	-657.793	
17	17	-3.819	-38.917	-67.771	501.955	-426.821	3.468	-3.944	394.915	-541.272	
	18	-3.819	16.090	54.012	423.782	-501.052	3.468	-3.944	493.533	-438.712	
18	18	4.984	35.358	12.444	552.137	-547.196	4.870	-3.656	609.793	-498.065	
	19	4.984	90.373	134.245	528.229	-633.527	4.870	-3.656	762.701	-407.581	

부재 번 호	절점 번 호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
		Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
19	19	12.139	96.341	76.249	728.573	-741.975	6.300	-5.243	919.601	-562.490	
	20	12.139	151.354	198.047	708.646	-791.489	6.300	-5.243	1076.486	-435.192	
20	20	14.674	121.927	104.239	879.825	-907.193	6.742	-6.127	1127.406	-672.480	
	21	14.674	176.941	226.037	860.392	-951.831	6.742	-6.127	1284.785	-540.307	
21	21	10.058	87.026	78.103	970.903	-982.816	6.237	-6.237	1152.327	-813.866	
	22	10.058	142.041	199.903	951.470	-1034.843	6.237	-6.237	1309.709	-689.077	
22	22	0.010	8.837	6.890	948.593	-945.870	3.613	-3.613	967.943	-933.745	
	23	0.010	47.344	92.142	937.028	-971.691	3.613	-3.613	1080.137	-835.808	P3
23	23	-14.723	-88.288	-109.294	965.890	-944.160	3.098	-2.256	756.682	-1158.721	P3
	24	-14.723	-49.785	-24.049	937.965	-955.724	3.098	-2.256	852.506	-1046.537	
24	24	-24.506	-182.171	-216.773	1029.420	-958.068	3.412	-5.444	609.382	-1386.963	
	25	-24.506	-127.151	-94.962	977.474	-977.503	3.412	-5.444	734.267	-1229.567	
25	25	-27.281	-212.062	-241.189	947.698	-866.239	3.702	-6.394	470.868	-1353.165	
	26	-27.281	-157.047	-119.389	907.385	-885.672	3.702	-6.394	607.371	-1195.783	
26	26	-22.522	-180.484	-211.111	789.649	-715.002	3.131	-5.860	378.663	-1134.978	
	27	-22.522	-125.473	-89.318	744.152	-734.928	3.131	-5.860	509.971	-978.099	
27	27	-12.552	-111.903	-144.899	633.013	-533.043	2.518	-4.643	366.178	-807.039	
	28	-12.552	-56.893	-23.110	546.008	-557.077	2.518	-4.643	455.971	-654.274	
28	28	0.006	-27.491	-60.870	493.603	-418.003	3.363	-3.366	408.612	-509.723	
	29	0.006	27.518	60.917	417.919	-493.789	3.363	-3.366	509.724	-408.713	
29	29	12.563	56.912	23.156	558.313	-547.795	4.635	-2.514	655.578	-457.678	
	30	12.563	111.933	144.968	534.269	-634.524	4.635	-2.514	808.368	-367.574	
30	30	22.542	125.533	89.405	736.057	-745.382	5.849	-3.149	979.385	-511.052	
	31	22.542	180.544	211.198	716.131	-791.069	5.849	-3.149	1136.263	-379.934	
31	31	27.317	157.164	119.490	885.611	-907.138	6.383	-3.500	1195.966	-606.667	
	32	27.317	212.169	241.267	866.181	-947.655	6.383	-3.500	1353.317	-470.403	
32	32	24.551	127.267	95.005	974.820	-974.224	5.425	-3.448	1227.069	-730.848	
	33	24.551	182.287	216.816	955.384	-1026.740	5.425	-3.448	1384.464	-606.532	
33	33	14.756	49.873	24.048	950.576	-932.070	2.232	-3.131	1041.485	-846.523	
	34	14.756	88.376	109.293	939.029	-960.611	2.232	-3.131	1153.687	-751.317	P4
34	34	-0.015	-47.346	-92.201	970.122	-933.975	4.047	-4.047	834.607	-1077.583	P4
	35	-0.015	-8.839	-6.949	943.612	-945.522	4.047	-4.047	931.856	-965.372	
35	35	-10.079	-142.100	-200.005	1034.276	-949.665	6.514	-6.514	688.606	-1308.364	
	36	-10.079	-87.085	-78.204	981.708	-969.099	6.514	-6.514	812.853	-1150.982	
36	36	-14.695	-176.989	-226.112	951.894	-859.853	6.238	-6.757	540.336	-1284.407	
	37	-14.695	-121.975	-104.314	907.325	-879.287	6.238	-6.757	672.579	-1127.028	
37	37	-12.157	-151.390	-198.101	791.885	-708.857	5.241	-6.313	435.479	-1076.816	
	38	-12.157	-96.376	-76.303	742.393	-728.783	5.241	-6.313	562.798	-919.932	
38	38	-4.995	-90.401	-134.294	633.424	-528.030	3.590	-4.879	407.324	-762.599	
	39	-4.995	-35.386	-12.494	547.178	-551.974	3.590	-4.879	497.894	-609.727	
39	39	3.812	-16.108	-54.049	500.659	-423.351	3.948	-3.475	438.261	-493.171	
	40	3.812	38.899	67.734	426.271	-501.487	3.948	-3.475	540.664	-394.516	
40	40	11.350	54.518	24.049	562.602	-557.039	4.653	-2.630	657.172	-469.752	
	41	11.350	109.529	145.840	538.813	-644.467	4.653	-2.630	810.184	-380.379	
41	41	15.885	107.391	83.203	736.344	-752.569	5.466	-3.531	948.288	-549.622	
	42	15.885	162.407	205.007	716.416	-798.292	5.466	-3.531	1105.181	-418.524	
42	42	14.420	119.436	102.181	883.880	-912.600	5.189	-3.947	1125.105	-680.510	
	43	14.420	174.448	223.975	864.447	-958.483	5.189	-3.947	1282.480	-549.586	
43	43	4.096	63.548	61.546	970.312	-988.906	3.434	-3.988	1102.936	-863.704	
	44	4.096	118.558	183.335	950.880	-1037.443	3.434	-3.988	1260.303	-735.443	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
44	44	-13.771	-44.169	-29.959	938.623	-965.759	4.357	-4.357	855.081	-1058.015	
	45	-13.771	-5.652	55.317	927.018	-967.761	4.357	-4.357	967.269	-936.224	P5
45	45	-32.768	-161.971	-162.796	1042.505	-1033.087	9.732	-9.732	694.702	-1400.354	P5
	46	-32.768	-123.466	-77.548	995.178	-1044.692	9.732	-9.732	771.129	-1288.206	
46	46	-48.208	-278.586	-286.413	1129.981	-1076.812	12.332	-12.332	529.106	-1702.352	
	47	-48.208	-223.579	-164.630	1081.560	-1096.243	12.332	-12.332	657.475	-1544.993	
47	47	-54.190	-322.350	-321.157	1062.099	-1029.819	12.426	-12.426	376.828	-1739.942	
	48	-54.190	-267.330	-199.346	1060.563	-1049.748	12.426	-12.426	552.123	-1583.040	
48	48	-49.914	-295.416	-295.332	916.038	-896.392	10.792	-10.792	286.168	-1547.848	
	49	-49.914	-240.404	-173.538	915.978	-916.319	10.792	-10.792	462.914	-1390.968	
49	49	-37.297	-222.133	-225.965	742.213	-691.954	7.886	-7.886	264.704	-1185.235	
	50	-37.297	-167.117	-104.160	715.477	-711.882	7.886	-7.886	414.789	-1028.342	
50	50	-19.705	-124.782	-129.743	585.133	-509.202	5.036	-4.994	315.940	-788.426	
	51	-19.705	-69.771	-7.949	486.659	-525.649	5.036	-4.994	394.270	-628.068	
51	51	0.981	-14.613	-20.096	506.511	-434.050	4.056	-2.568	476.838	-470.347	
	52	0.981	40.395	101.689	484.907	-529.961	4.056	-2.568	632.027	-389.465	
52	52	22.925	99.033	91.417	676.656	-664.469	3.210	-3.804	893.240	-454.898	
	53	22.925	154.051	213.224	656.727	-716.653	3.210	-3.804	1050.137	-330.257	
53	53	39.955	192.731	185.106	921.835	-910.529	2.672	-4.783	1342.300	-497.520	
	54	39.955	247.737	306.885	901.911	-915.660	2.672	-4.783	1499.160	-325.867	
54	54	50.345	242.829	236.672	1018.422	-1013.639	3.573	-5.044	1551.841	-488.836	
	55	50.345	297.847	358.479	998.493	-1019.674	3.573	-5.044	1708.737	-318.047	
55	55	36.932	176.781	189.499	766.928	-749.364	2.618	-3.485	1172.759	-349.636	
	56	36.932	207.307	257.082	756.645	-776.719	2.618	-3.485	1260.585	-278.883	P6

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-40.919	-291.611	-169.227	620.637	-651.909	3.444	-2.758	122.325	-1156.423	P1
	58	-40.919	-273.131	-197.698	621.038	-648.128	3.444	-2.758	112.734	-1162.634	
57	58	-54.515	-365.514	-224.201	900.385	-960.701	4.987	-3.600	261.143	-1608.531	
	59	-54.515	-332.217	-275.503	901.110	-954.255	4.987	-3.600	243.863	-1620.089	
58	59	-45.788	-295.960	-188.488	840.788	-895.321	4.892	-2.914	315.445	-1428.471	
	60	-45.788	-262.661	-239.791	841.513	-889.354	4.892	-2.914	298.164	-1440.509	
59	60	-25.411	-180.014	-104.491	634.899	-682.177	3.788	-3.196	328.770	-995.289	
	61	-25.411	-146.716	-155.794	635.644	-670.177	3.788	-3.196	311.511	-1001.294	
60	61	-3.532	-55.422	-2.471	510.890	-516.568	2.503	-4.035	451.968	-582.028	
	62	-3.532	-22.130	-53.766	510.890	-452.218	2.503	-4.035	433.965	-535.680	
61	62	17.511	64.198	99.848	481.117	-497.631	4.942	-5.028	667.616	-321.103	
	63	17.511	97.499	48.540	540.577	-496.950	4.942	-5.028	709.068	-338.429	
62	63	34.143	166.134	188.461	674.909	-633.017	7.681	-7.681	1071.328	-251.959	
	64	34.143	199.426	137.167	681.448	-632.292	7.681	-7.681	1059.866	-269.237	
63	64	46.529	245.836	251.556	861.746	-788.267	10.609	-10.609	1416.276	-254.955	
	65	46.529	279.138	200.247	868.114	-787.542	10.609	-10.609	1404.637	-272.238	
64	65	51.786	282.025	269.876	972.057	-882.659	12.073	-12.073	1587.816	-291.045	
	66	51.786	315.319	218.579	978.407	-881.913	12.073	-12.073	1576.164	-308.302	
65	66	47.059	255.153	230.653	984.070	-940.079	11.915	-11.915	1528.850	-419.129	
	67	47.059	288.452	179.349	1008.640	-939.333	11.915	-11.915	1535.415	-436.389	
66	67	33.158	152.940	131.252	1194.299	-1104.200	8.481	-8.481	1520.131	-795.331	
	68	33.158	176.245	95.346	1227.130	-1103.682	8.481	-8.481	1540.360	-807.414	P2

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
67	68	14.032	-10.307	15.836	1124.774	-1233.157	5.487	-5.487	1149.822	-1219.084	P2
	69	14.032	13.004	-20.081	1125.293	-1233.153	5.487	-5.487	1137.736	-1231.685	
68	69	-3.042	-132.296	-72.950	920.192	-977.938	3.987	-2.993	715.891	-1189.219	
	70	-3.042	-99.002	-124.248	920.938	-944.177	3.987	-2.993	698.633	-1173.461	
69	70	-12.677	-173.478	-117.972	773.044	-814.825	3.920	-4.852	472.837	-1123.804	
	71	-12.677	-140.182	-169.272	773.789	-808.504	3.920	-4.852	455.579	-1135.487	
70	71	-13.951	-155.525	-105.881	639.193	-697.506	3.471	-5.210	367.307	-978.073	
	72	-13.951	-122.226	-157.185	639.939	-691.115	3.471	-5.210	350.047	-989.688	
71	72	-9.877	-98.890	-52.666	521.252	-574.245	2.580	-4.624	362.399	-740.301	
	73	-9.877	-65.594	-103.965	521.997	-526.478	2.580	-4.624	345.141	-710.538	
72	73	-3.234	-26.680	19.851	437.174	-483.639	3.483	-3.942	430.594	-497.644	
	74	-3.234	6.620	-31.455	477.123	-439.926	3.483	-3.942	452.538	-471.936	
73	74	4.737	49.290	94.434	522.078	-528.571	4.873	-3.713	675.413	-383.822	
	75	4.737	82.582	43.142	572.745	-527.825	4.873	-3.713	708.078	-401.078	
74	75	10.797	112.292	152.246	691.672	-651.245	5.946	-4.921	972.954	-380.830	
	76	10.797	145.590	100.944	698.249	-650.500	5.946	-4.921	961.526	-398.089	
75	76	13.805	144.290	173.866	819.306	-787.965	6.644	-6.128	1157.911	-462.133	
	77	13.805	177.587	122.564	825.630	-787.220	6.644	-6.128	1146.230	-479.392	
76	77	10.826	126.399	144.452	902.874	-885.827	5.409	-5.409	1189.960	-609.559	
	78	10.826	159.697	93.148	938.260	-885.081	5.409	-5.409	1207.341	-626.819	
77	78	-0.983	36.836	58.216	1139.841	-1062.368	3.052	-3.052	1236.961	-971.352	
	79	-0.983	60.142	22.308	1149.155	-1061.850	3.052	-3.052	1233.674	-983.436	P3
78	79	-14.714	-103.721	-40.000	1056.995	-1160.425	3.159	-1.555	901.719	-1320.416	P3
	80	-14.714	-80.411	-75.915	1057.513	-1148.132	3.159	-1.555	889.633	-1320.727	
79	80	-24.917	-198.973	-109.343	879.808	-947.016	3.408	-4.866	549.984	-1285.114	
	81	-24.917	-165.678	-160.641	880.554	-911.392	3.408	-4.866	532.727	-1267.494	
80	81	-26.424	-212.887	-137.435	779.152	-831.362	3.484	-6.105	405.891	-1214.213	
	82	-26.424	-179.588	-188.739	779.898	-825.037	3.484	-6.105	388.631	-1225.893	
81	82	-20.997	-174.288	-113.839	643.361	-703.811	3.120	-5.788	337.357	-1018.723	
	83	-20.997	-140.991	-165.140	644.107	-697.418	3.120	-5.788	320.099	-1030.334	
82	83	-11.519	-102.171	-52.631	522.542	-574.204	2.579	-4.597	358.800	-745.122	
	84	-11.519	-68.876	-103.929	523.288	-525.945	2.579	-4.597	341.542	-714.866	
83	84	-0.020	-16.709	25.621	435.209	-477.204	3.386	-3.405	447.486	-471.717	
	85	-0.020	16.593	-25.688	476.999	-435.547	3.386	-3.405	471.270	-448.067	
84	85	11.478	68.763	103.856	526.850	-524.630	4.578	-2.596	715.524	-343.129	
	86	11.478	102.058	52.558	575.139	-523.885	4.578	-2.596	745.810	-360.387	
85	86	20.957	140.885	165.053	698.081	-645.431	5.768	-3.069	1030.743	-321.606	
	87	20.957	174.181	113.752	704.476	-644.685	5.768	-3.069	1019.135	-338.864	
86	87	26.375	179.473	188.639	824.410	-779.323	6.085	-3.413	1224.981	-388.250	
	88	26.375	212.771	137.335	830.740	-778.578	6.085	-3.413	1213.306	-405.509	
87	88	24.843	165.488	160.468	910.107	-879.047	4.842	-3.384	1265.747	-531.633	
	89	24.843	198.783	109.170	946.302	-878.302	4.842	-3.384	1283.940	-548.890	
88	89	14.592	80.079	75.614	1146.061	-1054.822	1.391	-3.116	1317.737	-887.653	
	90	14.592	103.389	39.699	1158.717	-1054.304	1.391	-3.116	1317.789	-899.739	P4
89	90	1.127	-59.760	-22.083	1056.943	-1144.222	3.533	-3.533	979.761	-1228.471	P4
	91	1.127	-36.454	-57.991	1057.461	-1133.912	3.533	-3.533	967.677	-1230.763	
90	91	-10.741	-159.468	-93.013	881.574	-935.056	5.730	-5.730	624.082	-1204.008	
	92	-10.741	-126.170	-144.317	882.319	-898.962	5.730	-5.730	606.822	-1185.919	
91	92	-13.749	-177.425	-122.457	786.765	-825.694	6.277	-6.666	479.411	-1145.991	
	93	-13.749	-144.127	-173.759	787.510	-819.367	6.277	-6.666	462.152	-1157.669	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
92	93	-10.754	-145.475	-100.872	650.773	-698.620	4.951	-5.966	398.623	-961.687	
	94	-10.754	-112.178	-152.174	651.518	-692.112	4.951	-5.966	381.363	-973.184	
93	94	-4.711	-82.500	-43.078	527.585	-572.654	3.683	-4.897	400.979	-707.840	
	95	-4.711	-49.202	-94.381	528.330	-522.065	3.683	-4.897	383.720	-675.256	
94	95	3.283	-6.475	31.537	439.282	-476.514	3.938	-3.501	471.564	-451.671	
	96	3.283	26.819	-19.759	482.932	-436.481	3.938	-3.501	497.212	-429.640	
95	96	9.917	65.701	104.042	525.900	-521.376	4.618	-2.567	710.178	-344.283	
	97	9.917	98.997	52.743	573.557	-520.630	4.618	-2.567	739.832	-361.541	
96	97	14.003	122.378	157.299	690.498	-639.442	5.205	-3.456	989.383	-349.218	
	98	14.003	155.677	105.994	696.890	-638.697	5.205	-3.456	977.769	-366.478	
97	98	12.762	140.399	169.410	807.964	-773.501	4.847	-3.899	1135.383	-454.828	
	99	12.762	173.696	118.110	814.287	-772.755	4.847	-3.899	1123.702	-472.086	
98	99	3.229	99.481	124.489	942.379	-919.470	2.976	-3.953	1172.554	-696.224	
	100	3.229	132.783	73.181	976.153	-918.725	2.976	-3.953	1188.321	-713.485	
99	100	-13.918	-12.702	20.293	1231.538	-1123.972	5.448	-5.448	1230.658	-1135.747	
	101	-13.918	10.603	-15.614	1231.542	-1123.453	5.448	-5.448	1218.061	-1147.830	P5
100	101	-33.019	-175.930	-95.354	1104.752	-1228.951	8.641	-8.641	809.090	-1541.895	P5
	102	-33.019	-152.619	-131.271	1105.271	-1196.020	8.641	-8.641	797.004	-1521.569	
101	102	-47.094	-288.565	-179.446	939.152	-1009.818	11.974	-11.974	436.021	-1536.897	
	103	-47.094	-255.273	-230.740	939.898	-985.433	11.974	-11.974	418.765	-1530.513	
102	103	-51.803	-315.373	-218.631	881.511	-978.578	12.139	-12.139	307.844	-1576.523	
	104	-51.803	-282.072	-269.937	882.256	-972.224	12.139	-12.139	290.583	-1588.176	
103	104	-46.554	-279.217	-200.307	787.681	-868.620	10.624	-10.624	272.227	-1405.322	
	105	-46.554	-245.922	-251.606	788.405	-862.255	10.624	-10.624	254.948	-1416.961	
104	105	-34.256	-199.718	-137.293	632.610	-681.788	7.720	-7.720	269.063	-1060.775	
	106	-34.256	-166.419	-188.597	633.335	-675.246	7.720	-7.720	251.782	-1072.239	
105	106	-17.510	-97.480	-48.557	497.141	-540.906	5.010	-4.936	338.605	-709.388	
	107	-17.510	-64.185	-99.855	497.822	-481.491	5.010	-4.936	321.283	-667.976	
106	107	3.380	21.725	53.590	451.667	-510.549	4.025	-2.518	534.387	-434.372	
	108	3.380	55.025	2.285	515.945	-510.549	4.025	-2.518	580.659	-452.378	
107	108	25.420	146.757	155.776	669.762	-635.174	3.178	-3.765	1000.894	-310.985	
	109	25.420	180.049	104.484	681.793	-634.429	3.178	-3.765	994.924	-328.241	
108	109	45.714	262.481	239.712	888.979	-841.588	2.890	-4.861	1439.777	-298.541	
	110	45.714	295.779	188.409	894.950	-840.863	2.890	-4.861	1427.743	-315.822	
109	110	54.428	331.979	275.372	953.830	-901.468	3.568	-4.951	1619.177	-244.640	
	111	54.428	365.276	224.070	960.278	-900.743	3.568	-4.951	1607.620	-261.920	
110	111	40.825	272.882	197.537	646.992	-621.321	2.710	-3.397	1160.945	-113.474	
	112	40.825	291.361	169.065	650.774	-620.920	2.710	-3.397	1154.736	-123.065	P6

4.4 마. 작용하중별 부재력 집계

< DB 하중 >

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.718	-0.913	61.327	-733.412	1.631	794.739	P1
	2	1854.103	-171.858	74.619	-661.635	2025.961	736.254	
2	2	1854.103	-171.885	74.619	-661.635	2025.988	736.254	
	3	4211.996	-468.143	179.238	-535.882	4680.139	715.120	
3	3	4211.996	-468.251	179.238	-546.756	4680.247	725.995	
	4	5665.339	-761.185	270.240	-442.184	6426.524	712.425	
4	4	5665.426	-761.287	270.240	-461.609	6426.713	731.849	
	5	6419.117	-1053.587	337.661	-363.387	7472.704	701.048	
5	5	6419.117	-1053.704	337.661	-388.630	7472.821	726.291	
	6	6524.023	-1347.016	392.934	-293.437	7871.039	686.371	
6	6	6524.093	-1347.123	392.934	-335.296	7871.216	728.230	
	7	6113.283	-1642.244	454.604	-233.188	7755.527	687.792	
7	7	6113.283	-1642.347	454.604	-286.758	7755.630	741.361	
	8	5202.084	-1941.540	528.079	-187.874	7143.624	715.952	
8	8	5202.084	-1941.631	528.079	-237.199	7143.715	765.277	
	9	3878.944	-2250.274	598.617	-141.711	6129.218	740.328	
9	9	3878.944	-2250.330	598.617	-181.204	6129.274	779.821	
	10	2258.962	-2579.465	667.630	-89.394	4838.427	757.024	
10	10	2258.962	-2579.465	667.630	-120.766	4838.427	788.396	
	11	862.789	-2950.844	737.093	-58.624	3813.633	795.717	
11	11	862.789	-2950.844	737.093	-106.389	3813.633	843.482	
	12	905.064	-4136.007	787.297	-81.017	5041.071	868.314	P2
12	12	905.064	-4136.185	787.297	-762.570	5041.249	1549.867	P2
	13	813.143	-3696.796	110.565	-695.860	4509.939	806.426	
13	13	813.851	-3696.963	110.565	-700.503	4510.814	811.068	
	14	2463.262	-3131.436	147.729	-603.900	5594.698	751.628	
14	14	2463.262	-3131.463	147.729	-616.850	5594.725	764.579	
	15	3891.279	-2608.493	211.898	-519.519	6499.772	731.417	
15	15	3891.297	-2608.493	211.898	-535.419	6499.790	747.318	
	16	4859.470	-2107.461	272.283	-437.333	6966.931	709.617	
16	16	4859.503	-2107.461	272.283	-456.458	6966.964	728.741	
	17	5330.615	-1616.411	332.439	-357.753	6947.026	690.192	
17	17	5330.637	-1616.411	332.439	-384.483	6947.048	716.922	
	18	5298.623	-1374.429	392.382	-280.864	6673.052	673.246	
18	18	5298.623	-1374.573	392.382	-325.620	6673.196	718.002	
	19	4763.579	-1777.966	466.973	-228.712	6541.545	695.685	
19	19	4763.579	-1778.095	466.973	-272.375	6541.674	739.348	
	20	3750.284	-2191.141	545.536	-178.800	5941.425	724.336	
20	20	3750.284	-2191.234	545.536	-218.208	5941.518	763.743	
	21	2313.092	-2624.625	625.821	-128.009	4937.717	753.830	
21	21	2313.135	-2624.625	625.821	-155.163	4937.760	780.984	
	22	907.709	-3100.186	707.781	-96.681	4007.895	804.462	
22	22	907.709	-3100.186	707.781	-114.665	4007.895	822.445	
	23	1162.690	-3543.242	767.782	-113.609	4705.932	881.391	P3

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
23	23	1162.735	-3543.408	767.782	-765.784	4706.143	1533.566	P3
	24	1058.568	-3159.048	110.677	-700.097	4217.616	810.774	
24	24	1058.613	-3159.146	110.677	-705.041	4217.759	815.718	
	25	2331.524	-2669.102	147.757	-609.207	5000.626	756.964	
25	25	2331.524	-2669.102	147.757	-622.145	5000.626	769.902	
	26	3756.862	-2221.724	211.291	-525.196	5978.586	736.487	
26	26	3756.862	-2221.724	211.291	-540.950	5978.586	752.241	
	27	4746.155	-1794.411	269.283	-442.983	6540.566	712.266	
27	27	4746.155	-1794.411	269.283	-461.782	6540.566	731.064	
	28	5249.984	-1376.869	328.409	-362.942	6626.853	691.351	
28	28	5250.004	-1376.869	328.409	-388.279	6626.873	716.688	
	29	5250.002	-1376.750	388.296	-285.167	6626.752	673.463	
29	29	5250.002	-1376.872	388.296	-328.357	6626.874	716.653	
	30	4745.934	-1794.329	461.824	-225.733	6540.263	687.557	
30	30	4745.934	-1794.431	461.824	-269.121	6540.365	730.945	
	31	3756.340	-2221.466	541.043	-175.031	5977.806	716.073	
31	31	3756.340	-2221.543	541.043	-210.969	5977.883	752.012	
	32	2330.879	-2668.287	622.272	-120.333	4999.166	742.605	
32	32	2330.927	-2668.287	622.272	-147.348	4999.214	769.620	
	33	1058.734	-3157.070	705.121	-82.201	4215.804	787.322	
33	33	1058.734	-3157.070	705.121	-109.822	4215.804	814.943	
	34	1162.726	-3539.708	765.593	-103.985	4702.434	869.578	P4
34	34	1162.726	-3546.560	765.593	-767.536	4709.286	1533.129	P4
	35	905.954	-3097.928	113.757	-702.503	4003.882	816.260	
35	35	906.159	-3098.030	113.757	-707.859	4004.189	821.617	
	36	2312.385	-2623.570	154.744	-612.684	4935.955	767.428	
36	36	2312.385	-2623.583	154.744	-625.957	4935.968	780.701	
	37	3749.856	-2190.811	217.889	-529.517	5940.667	747.405	
37	37	3749.878	-2190.811	217.889	-545.622	5940.689	763.511	
	38	4763.431	-1777.961	272.222	-448.062	6541.392	720.285	
38	38	4763.464	-1777.961	272.222	-467.012	6541.425	739.235	
	39	5298.605	-1374.566	325.556	-368.452	6673.171	694.008	
39	39	5298.671	-1374.566	325.556	-392.404	6673.237	717.960	
	40	5330.723	-1616.241	384.465	-290.716	6946.964	675.181	
40	40	5330.723	-1616.369	384.465	-332.451	6947.092	716.916	
	41	4859.661	-2107.304	456.444	-228.265	6966.965	684.709	
41	41	4859.661	-2107.425	456.444	-272.298	6967.086	728.742	
	42	3891.522	-2608.385	535.402	-177.018	6499.907	712.421	
42	42	3891.538	-2608.455	535.402	-211.909	6499.993	747.312	
	43	2463.541	-3131.395	616.836	-120.385	5594.936	737.221	
43	43	2463.560	-3131.395	616.836	-147.758	5594.955	764.594	
	44	814.330	-3696.780	700.495	-79.272	4511.110	779.766	
44	44	814.330	-3696.780	700.495	-110.607	4511.110	811.102	
	45	904.974	-4135.933	762.595	-103.242	5040.907	865.837	P5
45	45	904.996	-4135.933	762.595	-787.280	5040.929	1549.875	P5
	46	862.685	-2950.831	106.339	-726.871	3813.516	833.210	
46	46	862.930	-2950.962	106.339	-737.109	3813.892	843.448	
	47	2258.626	-2579.477	120.739	-649.164	4838.103	769.903	
47	47	2258.669	-2579.499	120.739	-667.646	4838.168	788.384	
	48	3878.642	-2250.372	181.187	-578.372	6129.014	759.560	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
48	48	3878.729	-2250.372	181.187	-598.632	6129.101	779.819	
	49	5201.858	-1941.687	237.187	-507.279	7143.545	744.466	
49	49	5201.935	-1941.687	237.187	-528.091	7143.622	765.277	
	50	6113.357	-1642.363	286.759	-434.287	7755.720	721.045	
50	50	6113.361	-1642.363	286.759	-454.588	7755.724	741.347	
	51	6524.113	-1347.144	335.311	-358.508	7871.257	693.819	
51	51	6524.113	-1347.144	335.311	-392.914	7871.257	728.225	
	52	6419.102	-1053.786	388.628	-284.350	7472.888	672.978	
52	52	6419.112	-1053.786	388.628	-337.668	7472.898	726.296	
	53	5665.272	-761.321	461.619	-223.917	6426.593	685.536	
53	53	5665.272	-761.321	461.619	-270.225	6426.593	731.844	
	54	4212.039	-468.345	546.754	-149.682	4680.384	696.436	
54	54	4212.055	-468.345	546.754	-179.241	4680.400	725.995	
	55	1853.175	-171.901	657.371	-68.823	2025.076	726.194	
55	55	1853.574	-171.901	661.678	-74.608	2025.475	736.286	
	56	0.696	-0.888	733.430	-61.346	1.585	794.776	P6

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	0.497	-0.889	57.170	-761.250	1.386	818.421	P1
	58	1903.084	-158.912	73.110	-684.181	2061.996	757.291	
57	58	1903.199	-158.912	73.110	-684.181	2062.111	757.291	
	59	4269.878	-447.558	185.102	-547.641	4717.436	732.743	
58	59	4269.878	-447.558	185.102	-562.070	4717.436	747.172	
	60	5709.832	-736.977	285.243	-452.819	6446.809	738.062	
59	60	5709.832	-736.977	285.243	-477.460	6446.809	762.703	
	61	6452.628	-1029.964	354.004	-375.025	7482.592	729.029	
60	61	6452.628	-1029.981	354.004	-405.285	7482.609	759.289	
	62	6556.892	-1322.696	408.911	-305.995	7879.588	714.906	
61	62	6556.892	-1322.696	408.911	-352.249	7879.588	761.160	
	63	6155.334	-1613.690	470.307	-244.330	7769.024	714.638	
62	63	6155.411	-1613.690	470.307	-303.090	7769.101	773.397	
	64	5257.499	-1906.608	543.307	-198.507	7164.107	741.814	
63	64	5257.647	-1906.608	543.307	-251.502	7164.255	794.809	
	65	3945.334	-2225.497	614.655	-150.369	6170.831	765.024	
64	65	3945.533	-2225.497	614.655	-191.269	6171.030	805.924	
	66	2315.883	-2584.950	687.143	-94.016	4900.833	781.159	
65	66	2316.064	-2584.950	687.143	-119.735	4901.014	806.878	
	67	865.454	-3019.361	764.403	-54.287	3884.815	818.690	
66	67	865.647	-3019.530	764.403	-95.073	3885.177	859.475	
	68	901.599	-4242.158	825.675	-71.195	5143.757	896.870	P2
67	68	901.697	-4242.158	825.675	-803.142	5143.855	1628.817	P2
	69	809.400	-3737.949	100.409	-733.606	4547.349	834.015	
68	69	809.400	-3737.949	100.409	-733.606	4547.349	834.015	
	70	2513.263	-3118.193	148.767	-628.696	5631.456	777.463	
69	70	2513.263	-3118.193	148.767	-638.305	5631.456	787.073	
	71	3956.724	-2572.742	218.837	-536.453	6529.466	755.290	
70	71	3956.724	-2572.830	218.837	-553.206	6529.554	772.043	
	72	4923.042	-2067.933	285.651	-450.709	6990.975	736.361	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
71	72	4923.042	-2068.068	285.651	-473.242	6991.110	758.893	
	73	5390.645	-1590.827	348.130	-370.184	6981.472	718.314	
72	73	5390.645	-1590.862	348.130	-400.930	6981.507	749.060	
	74	5358.981	-1353.191	408.721	-293.208	6712.172	701.929	
73	74	5359.141	-1353.191	408.721	-341.010	6712.332	749.731	
	75	4829.228	-1747.522	483.569	-238.476	6576.750	722.045	
74	75	4829.366	-1747.522	483.569	-283.098	6576.888	766.667	
	76	3819.151	-2167.217	563.085	-185.327	5986.368	748.413	
75	76	3819.369	-2167.217	563.085	-224.727	5986.586	787.813	
	77	2367.652	-2627.220	646.877	-130.447	4994.872	777.324	
76	77	2367.856	-2627.221	646.877	-155.755	4995.077	802.632	
	78	908.018	-3161.499	736.545	-96.324	4069.517	832.869	
77	78	908.264	-3161.677	739.522	-106.391	4069.941	845.914	
	79	1150.121	-3671.804	807.708	-106.391	4821.925	914.099	P3
78	79	1150.121	-3671.804	807.708	-805.932	4821.925	1613.640	P3
	80	1042.749	-3218.535	100.272	-737.371	4261.284	837.643	
79	80	1042.749	-3218.535	100.272	-737.371	4261.284	837.643	
	81	2385.767	-2670.493	148.689	-633.607	5056.260	782.295	
80	81	2385.767	-2670.493	148.689	-643.353	5056.260	792.042	
	82	3825.948	-2196.866	218.153	-541.870	6022.814	760.024	
81	82	3825.948	-2196.962	218.153	-558.580	6022.910	776.733	
	83	4812.266	-1763.378	282.016	-456.191	6575.644	738.207	
82	83	4812.266	-1763.525	282.016	-478.437	6575.791	760.453	
	84	5311.165	-1355.326	344.137	-375.240	6666.491	719.377	
83	84	5311.165	-1355.380	344.137	-404.683	6666.545	748.821	
	85	5310.974	-1355.412	404.737	-297.504	6666.386	702.241	
84	85	5311.140	-1355.412	404.737	-344.050	6666.552	748.787	
	86	4811.942	-1763.346	478.482	-235.996	6575.288	714.478	
85	86	4812.087	-1763.346	478.482	-281.818	6575.433	760.300	
	87	3825.195	-2196.435	558.681	-182.016	6021.630	740.697	
86	87	3825.401	-2196.435	558.681	-217.781	6021.836	776.461	
	88	2384.506	-2669.176	643.515	-123.047	5053.682	766.561	
87	88	2384.718	-2669.205	643.515	-148.193	5053.923	791.708	
	89	1042.503	-3215.678	734.037	-82.068	4258.181	816.105	
88	89	1042.508	-3215.871	737.484	-99.378	4258.379	836.862	
	90	1149.827	-3667.386	805.734	-96.809	4817.213	902.543	P4
89	90	1150.699	-3676.321	805.734	-807.598	4827.020	1613.332	P4
	91	906.847	-3159.100	105.734	-739.730	4065.947	845.464	
90	91	906.847	-3159.100	105.734	-739.730	4065.947	845.464	
	92	2366.789	-2626.118	155.327	-637.036	4992.907	792.363	
91	92	2366.789	-2626.118	155.327	-647.055	4992.907	802.381	
	93	3818.913	-2166.714	224.379	-546.098	5985.627	770.477	
92	93	3818.913	-2166.810	224.379	-563.184	5985.723	787.563	
	94	4829.270	-1747.289	282.921	-461.211	6576.559	744.131	
93	94	4829.270	-1747.411	282.921	-483.605	6576.681	766.525	
	95	5359.216	-1353.114	340.957	-380.698	6712.330	721.655	
94	95	5359.216	-1353.184	340.957	-408.729	6712.400	749.686	
	96	5390.537	-1590.805	400.904	-303.009	6981.342	703.914	
95	96	5390.690	-1590.805	400.904	-348.144	6981.495	749.048	
	97	4922.981	-2068.006	473.240	-238.669	6990.987	711.909	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	4923.106	-2068.006	473.240	-285.660	6991.112	758.901	
	98	3956.584	-2572.744	553.206	-184.158	6529.328	737.365	
97	98	3956.799	-2572.744	553.206	-218.859	6529.543	772.065	
	99	2513.134	-3118.094	638.308	-123.250	5631.228	761.558	
98	99	2513.322	-3118.107	638.308	-148.795	5631.429	787.103	
	100	808.575	-3737.896	729.813	-79.380	4546.471	809.193	
99	100	809.321	-3738.092	733.621	-100.379	4547.413	834.001	
	101	901.311	-4241.825	803.148	-96.306	5143.136	899.454	P5
100	101	901.311	-4242.251	803.148	-825.680	5143.562	1628.829	P5
	102	865.960	-3019.480	95.084	-762.497	3885.440	857.581	
101	102	865.960	-3019.480	95.084	-764.390	3885.440	859.474	
	103	2316.061	-2585.067	119.729	-672.129	4901.128	791.858	
102	103	2316.061	-2585.073	119.729	-687.134	4901.134	806.863	
	104	3945.841	-2225.438	191.289	-593.540	6171.279	784.829	
103	104	3945.841	-2225.558	191.289	-614.636	6171.399	805.925	
	105	5257.656	-1906.547	251.505	-519.052	7164.203	770.557	
104	105	5257.656	-1906.717	251.505	-543.299	7164.373	794.805	
	106	6155.503	-1613.653	303.112	-445.293	7769.156	748.404	
105	106	6155.503	-1613.721	303.112	-470.293	7769.224	773.405	
	107	6556.663	-1322.753	352.248	-370.020	7879.416	722.268	
106	107	6556.865	-1322.767	352.248	-408.906	7879.632	761.154	
	108	6452.380	-1029.985	405.304	-294.342	7482.365	699.646	
107	108	6452.517	-1029.985	405.304	-353.989	7482.502	759.293	
	109	5709.594	-736.923	477.461	-233.963	6446.517	711.424	
108	109	5709.824	-737.001	477.461	-285.250	6446.825	762.711	
	110	4269.617	-447.507	562.063	-156.758	4717.124	718.821	
109	110	4269.881	-447.567	562.063	-185.095	4717.448	747.159	
	111	1903.211	-158.850	675.657	-69.421	2062.061	745.078	
110	111	1903.211	-158.917	684.167	-73.088	2062.128	757.256	
	112	0.500	-0.844	761.240	-57.160	1.344	818.400	P6

< DL 하중 >

< Girder 1 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.753	-1.065	86.308	-791.425	1.818	877.733	P1
	2	1831.603	-228.826	111.549	-716.457	2060.429	828.006	
2	2	1831.701	-228.826	111.549	-716.457	2060.527	828.006	
	3	4319.403	-618.863	180.571	-566.069	4938.266	746.640	
3	3	4319.875	-619.082	180.571	-566.069	4938.957	746.640	
	4	5995.519	-1006.416	242.714	-450.990	7001.935	693.704	
4	4	5995.943	-1006.543	242.714	-450.990	7002.486	693.704	
	5	6957.895	-1394.113	295.828	-350.051	8352.008	645.879	
5	5	6958.186	-1394.270	295.828	-350.051	8352.456	645.879	
	6	7245.612	-1782.242	358.735	-267.405	9027.854	626.140	
6	6	7245.635	-1782.395	358.735	-282.477	9028.030	641.212	
	7	6874.553	-2173.235	444.368	-201.798	9047.788	646.166	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
7	7	6874.553	-2173.396	452.228	-235.024	9047.949	687.253	
	8	5868.647	-2568.389	542.713	-157.091	8437.036	699.804	
8	8	5868.647	-2568.557	558.002	-190.958	8437.204	748.961	
	9	4244.387	-2974.525	652.426	-119.700	7218.912	772.127	
9	9	4244.387	-2974.679	673.352	-146.928	7219.066	820.280	
	10	2406.548	-3909.619	772.778	-83.717	6316.167	856.496	
10	10	2406.710	-3910.514	806.921	-118.336	6317.224	925.257	
	11	1387.745	-6576.806	913.746	-77.804	7964.551	991.549	
11	11	1387.745	-6577.118	961.163	-131.900	7964.863	1093.063	
	12	1191.786	-9304.936	1041.913	-107.815	10496.722	1149.728	P2
12	12	1191.786	-9304.974	1041.913	-1013.391	10496.760	2055.304	P2
	13	1200.014	-6681.985	191.694	-930.835	7881.999	1122.529	
13	13	1200.014	-6681.985	191.694	-930.835	7881.999	1122.529	
	14	2044.768	-4257.620	183.370	-771.840	6302.388	955.211	
14	14	2044.768	-4257.620	183.370	-771.840	6302.388	955.211	
	15	3571.025	-3553.302	227.936	-641.758	7124.327	869.694	
15	15	3571.312	-3553.302	227.936	-641.758	7124.614	869.694	
	16	4943.406	-3390.810	276.726	-528.204	8334.216	804.931	
16	16	4943.687	-3390.810	276.726	-528.204	8334.497	804.931	
	17	5671.319	-3304.147	331.469	-429.005	8975.466	760.474	
17	17	5671.406	-3304.147	331.469	-429.005	8975.553	760.474	
	18	5750.393	-3222.940	403.536	-345.783	8973.333	749.319	
18	18	5750.393	-3222.945	405.226	-362.108	8973.338	767.334	
	19	5182.450	-3146.517	494.026	-285.098	8328.967	779.124	
19	19	5182.450	-3146.541	505.830	-309.530	8328.991	815.359	
	20	3976.205	-3098.789	599.722	-239.186	7074.994	838.908	
20	20	3976.205	-3098.868	619.588	-262.566	7075.073	882.154	
	21	2738.910	-3857.961	719.715	-200.349	6596.871	920.064	
21	21	2739.313	-3858.995	750.103	-222.259	6598.308	972.362	
	22	2207.337	-6243.017	858.419	-175.320	8450.354	1033.739	
22	22	2207.337	-6243.303	905.321	-222.761	8450.640	1128.082	
	23	2402.097	-8789.046	987.428	-204.282	11191.143	1191.710	P3
23	23	2402.131	-8789.060	987.428	-1003.430	11191.191	1990.858	P3
	24	2267.039	-6185.314	208.614	-921.248	8452.353	1129.862	
24	24	2267.124	-6185.314	208.614	-921.248	8452.438	1129.862	
	25	2856.161	-3722.218	207.736	-766.269	6578.379	974.005	
25	25	2856.161	-3722.218	207.736	-766.269	6578.379	974.005	
	26	4161.631	-2872.136	250.069	-636.156	7033.767	886.225	
26	26	4161.927	-2872.136	250.069	-636.156	7034.063	886.225	
	27	5450.091	-2856.775	297.781	-522.477	8306.866	820.258	
27	27	5450.323	-2856.775	297.781	-522.477	8307.098	820.258	
	28	6098.448	-2851.973	351.284	-422.426	8950.421	773.710	
28	28	6098.525	-2851.973	351.284	-422.426	8950.498	773.710	
	29	6098.525	-2851.935	421.363	-337.954	8950.460	759.317	
29	29	6098.525	-2851.936	422.427	-351.254	8950.461	773.681	
	30	5450.088	-2856.670	511.103	-273.788	8306.758	784.891	
30	30	5450.088	-2856.697	522.493	-297.679	8306.785	820.172	
	31	4161.190	-2871.959	616.348	-226.938	7033.149	843.286	
31	31	4161.190	-2872.004	636.153	-249.855	7033.194	886.008	
	32	2856.000	-3721.770	736.315	-187.323	6577.770	923.638	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
32	32	2856.377	-3722.611	766.103	-207.289	6578.988	973.391	
	33	2267.104	-6185.997	874.578	-158.930	8453.101	1033.508	
33	33	2267.104	-6186.314	920.919	-207.609	8453.418	1128.528	
	34	2403.093	-8790.490	1002.963	-187.407	11193.583	1190.370	P4
34	34	2403.093	-8790.490	1002.963	-986.800	11193.583	1989.763	P4
	35	2205.902	-6242.858	221.612	-904.858	8448.760	1126.470	
35	35	2205.947	-6242.858	221.612	-904.858	8448.805	1126.470	
	36	2738.709	-3858.661	221.674	-749.791	6597.370	971.465	
36	36	2738.709	-3858.661	221.674	-749.791	6597.370	971.465	
	37	3975.367	-3098.275	262.277	-619.508	7073.642	881.785	
37	37	3975.667	-3098.275	262.277	-619.508	7073.942	881.785	
	38	5181.978	-3146.314	309.405	-505.795	8328.292	815.200	
38	38	5182.256	-3146.316	309.405	-505.795	8328.572	815.200	
	39	5750.379	-3222.863	362.059	-405.212	8973.242	767.271	
39	39	5750.495	-3222.889	362.059	-405.212	8973.384	767.271	
	40	5671.556	-3304.112	428.722	-319.887	8975.668	748.610	
40	40	5671.556	-3304.163	428.991	-331.472	8975.719	760.464	
	41	4944.020	-3390.799	517.244	-253.629	8334.819	770.872	
41	41	4944.020	-3390.868	528.190	-276.731	8334.888	804.921	
	42	3571.956	-3553.190	621.746	-205.489	7125.146	827.236	
42	42	3571.956	-3553.538	641.724	-227.959	7125.494	869.683	
	43	2044.416	-4256.458	741.768	-164.825	6300.874	906.592	
43	43	2044.866	-4257.357	771.809	-183.388	6302.223	955.197	
	44	1200.096	-6680.896	880.447	-136.042	7880.992	1016.489	
44	44	1200.147	-6681.225	930.830	-191.841	7881.372	1122.670	
	45	1191.702	-9304.814	1013.448	-170.662	10496.516	1184.110	P5
45	45	1191.732	-9304.814	1013.448	-1041.939	10496.546	2055.387	P5
	46	1387.430	-6577.536	131.858	-961.240	7964.966	1093.098	
46	46	1387.638	-6577.536	131.858	-961.240	7965.174	1093.098	
	47	2406.432	-3910.751	118.293	-806.890	6317.183	925.183	
47	47	2406.432	-3910.751	118.293	-806.890	6317.183	925.183	
	48	4243.614	-2974.734	146.849	-673.367	7218.348	820.216	
48	48	4244.055	-2974.734	146.849	-673.367	7218.789	820.216	
	49	5868.126	-2568.885	190.918	-557.986	8437.011	748.904	
49	49	5868.490	-2568.885	190.918	-557.986	8437.375	748.904	
	50	6874.593	-2173.647	235.035	-452.227	9048.240	687.262	
50	50	6874.737	-2173.647	235.035	-452.227	9048.384	687.262	
	51	7245.676	-1782.893	282.460	-357.479	9028.569	639.939	
51	51	7245.676	-1782.893	282.460	-358.696	9028.569	641.156	
	52	6959.249	-1394.509	348.938	-275.358	8353.758	624.296	
52	52	6959.249	-1394.509	350.036	-295.834	8353.758	645.870	
	53	5996.545	-1007.059	437.488	-214.354	7003.604	651.842	
53	53	5996.545	-1007.059	451.014	-242.720	7003.604	693.733	
	54	4319.931	-619.066	547.612	-165.778	4938.997	713.391	
54	54	4319.931	-619.066	566.044	-180.567	4938.997	746.611	
	55	1831.316	-228.866	682.297	-106.655	2060.182	788.952	
55	55	1831.316	-229.057	716.535	-111.720	2060.373	828.255	
	56	0.728	-1.046	791.523	-86.435	1.774	877.958	P6

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	0.737	-1.110	80.298	-807.593	1.848	887.891	P1
	58	1843.793	-211.469	106.671	-727.532	2055.262	834.203	
57	58	1843.793	-211.607	107.166	-727.532	2055.400	834.698	
	59	4325.479	-593.546	184.946	-571.324	4919.025	756.270	
58	59	4325.479	-593.681	184.946	-571.324	4919.160	756.270	
	60	5983.884	-975.795	252.175	-456.406	6959.679	708.581	
59	60	5983.884	-975.902	252.175	-456.406	6959.786	708.581	
	61	6933.522	-1363.679	307.616	-357.505	8297.201	665.121	
60	61	6933.522	-1363.679	307.616	-362.015	8297.201	669.631	
	62	7218.540	-1751.151	371.364	-276.402	8969.691	647.766	
61	62	7218.540	-1751.151	371.364	-295.326	8969.691	666.689	
	63	6856.225	-2157.719	456.053	-211.109	9013.944	667.162	
62	63	6856.431	-2157.719	459.230	-247.078	9014.150	706.308	
	64	5865.373	-2611.210	554.062	-164.332	8476.583	718.394	
63	64	5865.805	-2611.210	566.733	-201.279	8477.015	768.012	
	65	4256.351	-3076.369	665.890	-125.681	7332.720	791.571	
64	65	4256.892	-3076.369	688.754	-154.186	7333.261	842.940	
	66	2422.244	-4053.801	793.436	-87.358	6476.045	880.794	
65	66	2422.244	-4053.801	834.888	-116.261	6476.045	951.149	
	67	1382.839	-6734.174	947.999	-72.434	8117.013	1020.433	
66	67	1383.054	-6734.174	1011.229	-120.005	8117.228	1131.234	
	68	1185.092	-9648.769	1096.727	-94.465	10833.861	1191.192	P2
67	68	1185.231	-9649.111	1096.727	-1070.174	10834.342	2166.901	P2
	69	1196.701	-6928.588	181.364	-982.787	8125.289	1164.152	
68	69	1196.701	-6929.415	181.364	-982.787	8126.116	1164.152	
	70	2059.527	-4422.669	183.325	-802.757	6482.196	986.082	
69	70	2059.763	-4423.898	183.325	-802.757	6483.661	986.082	
	71	3598.786	-3593.933	233.036	-658.605	7192.719	891.641	
70	71	3598.786	-3594.069	233.036	-658.605	7192.855	891.641	
	72	4964.693	-3384.620	285.135	-538.015	8349.313	823.150	
71	72	4964.693	-3384.696	285.135	-538.015	8349.389	823.150	
	73	5684.528	-3258.765	342.219	-436.789	8943.293	779.009	
72	73	5684.528	-3258.834	342.219	-440.182	8943.362	782.401	
	74	5761.166	-3179.247	415.519	-353.175	8940.413	768.694	
73	74	5761.285	-3179.247	415.519	-372.101	8940.532	787.620	
	75	5197.595	-3130.226	506.511	-291.397	8327.821	797.908	
74	75	5197.921	-3130.226	515.791	-317.242	8328.147	833.033	
	76	3994.744	-3192.204	614.440	-243.569	7186.948	858.009	
75	76	3995.211	-3192.204	636.311	-267.191	7187.415	903.502	
	77	2744.725	-4007.191	741.681	-202.239	6751.916	943.920	
76	77	2744.725	-4007.191	779.983	-221.747	6751.916	1001.730	
	78	2186.675	-6411.898	894.458	-172.804	8598.573	1067.261	
77	78	2186.796	-6411.898	955.904	-213.370	8598.694	1169.273	
	79	2377.479	-9094.828	1042.818	-195.327	11472.307	1238.145	P3
78	79	2377.479	-9094.828	1042.818	-1058.943	11472.307	2101.761	P3
	80	2244.424	-6361.720	199.418	-971.915	8606.144	1171.333	
79	80	2244.424	-6362.427	199.418	-971.915	8606.851	1171.333	
	81	2858.583	-3868.695	207.654	-796.086	6727.278	1003.739	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
80	81	2858.742	-3869.823	207.654	-796.086	6728.565	1003.739	
	82	4176.913	-2975.971	255.082	-652.593	7152.884	907.675	
81	82	4176.913	-2976.142	255.082	-652.593	7153.055	907.675	
	83	5459.547	-2855.174	305.915	-532.181	8314.721	838.096	
82	83	5459.547	-2855.298	305.915	-532.181	8314.845	838.096	
	84	6100.641	-2813.772	361.714	-430.254	8914.413	791.968	
83	84	6100.641	-2813.828	361.714	-432.996	8914.469	794.710	
	85	6100.454	-2813.852	433.006	-345.536	8914.306	778.542	
84	85	6100.606	-2813.852	433.006	-361.647	8914.458	794.654	
	86	5458.841	-2855.039	523.244	-280.473	8313.880	803.717	
85	86	5459.206	-2855.039	532.136	-305.772	8314.245	837.908	
	87	4175.704	-2975.540	630.722	-231.682	7151.244	862.403	
86	87	4176.156	-2975.540	652.509	-254.800	7151.696	907.309	
	88	2857.961	-3869.911	758.011	-189.483	6727.872	947.494	
87	88	2857.961	-3869.911	795.833	-207.112	6727.872	1002.945	
	89	2242.949	-6362.899	910.447	-156.709	8605.848	1067.156	
88	89	2243.079	-6362.899	971.387	-198.202	8605.978	1169.588	
	90	2376.755	-9093.989	1058.239	-178.350	11470.744	1236.589	P4
89	90	2378.580	-9095.971	1058.239	-1042.412	11474.551	2100.651	P4
	91	2186.438	-6413.085	212.474	-955.705	8599.523	1168.180	
90	91	2186.438	-6413.969	212.474	-955.705	8600.407	1168.180	
	92	2744.338	-4006.555	221.300	-779.840	6750.893	1001.140	
91	92	2744.475	-4007.635	221.300	-779.840	6752.110	1001.140	
	93	3994.890	-3191.834	266.970	-636.301	7186.724	903.271	
92	93	3994.890	-3192.015	266.970	-636.301	7186.905	903.271	
	94	5197.880	-3130.192	317.122	-515.812	8328.072	832.935	
93	94	5197.880	-3130.271	317.122	-515.812	8328.151	832.935	
	95	5761.387	-3179.181	372.064	-413.369	8940.568	785.432	
94	95	5761.387	-3179.294	372.064	-415.519	8940.681	787.583	
	96	5684.466	-3258.698	440.159	-327.790	8943.164	767.950	
95	96	5684.577	-3258.698	440.159	-342.230	8943.275	782.389	
	97	4964.581	-3384.627	529.359	-260.653	8349.208	790.013	
96	97	4964.923	-3384.627	537.996	-285.139	8349.550	823.136	
	98	3598.532	-3594.140	636.279	-210.542	7192.672	846.822	
97	98	3598.964	-3594.140	658.579	-233.054	7193.104	891.633	
	99	2059.848	-4423.874	763.948	-167.157	6483.722	931.105	
98	99	2059.848	-4423.874	802.749	-183.303	6483.722	986.052	
	100	1196.600	-6929.886	917.568	-133.546	8126.486	1051.114	
99	100	1196.665	-6929.886	982.801	-181.371	8126.551	1164.172	
	101	1184.884	-9649.052	1070.179	-160.560	10833.936	1230.739	P5
100	101	1184.884	-9649.052	1070.179	-1096.770	10833.936	2166.949	P5
	102	1383.258	-6732.713	119.965	-1011.286	8115.971	1131.251	
101	102	1383.258	-6733.568	119.965	-1011.286	8116.826	1131.251	
	103	2422.290	-4052.682	116.254	-835.020	6474.972	951.274	
102	103	2422.362	-4054.057	116.254	-835.020	6476.419	951.274	
	104	4257.415	-3076.226	154.184	-688.727	7333.641	842.911	
103	104	4257.415	-3076.516	154.184	-688.727	7333.931	842.911	
	105	5866.350	-2611.215	201.303	-566.722	8477.565	768.025	
104	105	5866.350	-2611.524	201.303	-566.722	8477.874	768.025	
	106	6856.516	-2157.452	247.142	-459.229	9013.968	706.371	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
105	106	6856.516	-2157.698	247.142	-459.229	9014.214	706.371	
	107	7218.310	-1751.492	295.342	-365.083	8969.802	660.426	
106	107	7218.421	-1751.541	295.342	-371.351	8969.962	666.694	
	108	6933.867	-1363.767	362.019	-284.115	8297.634	646.134	
107	108	6934.272	-1363.767	362.019	-307.648	8298.039	669.667	
	109	5983.788	-976.352	449.299	-222.626	6960.140	671.925	
108	109	5984.412	-976.352	456.433	-252.211	6960.764	708.644	
	110	4324.746	-593.632	557.942	-171.618	4918.378	729.560	
109	110	4325.452	-593.632	571.369	-184.943	4919.084	756.311	
	111	1843.329	-211.923	694.135	-107.292	2055.252	801.427	
110	111	1843.929	-211.923	727.554	-107.292	2055.852	834.846	
	112	0.679	-1.008	807.572	-80.384	1.687	887.957	P6

< 풍하중 >

< Girder 1 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		비틀림 모멘트		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	0.768	-1.047	109.686	-97.751	1.815	207.437	P1
	2	247.794	-280.747	89.898	-78.518	528.541	168.416	
2	2	249.404	-282.764	89.898	-78.518	532.168	168.416	
	3	362.235	-396.833	4.771	-5.025	759.068	9.796	
3	3	364.340	-399.344	13.045	-15.044	763.684	28.090	
	4	352.822	-375.207	19.606	-22.605	728.029	42.212	
4	4	354.265	-376.927	19.606	-22.605	731.192	42.212	
	5	316.784	-328.578	24.746	-27.399	645.362	52.145	
5	5	317.510	-329.433	24.746	-27.399	646.942	52.145	
	6	288.366	-295.225	23.097	-24.600	583.591	47.698	
6	6	288.366	-295.225	23.097	-24.600	583.591	47.698	
	7	267.854	-275.837	21.358	-21.628	543.690	42.986	
7	7	267.854	-275.837	21.358	-21.628	543.690	42.986	
	8	235.011	-249.560	23.636	-22.795	484.571	46.431	
8	8	235.011	-249.560	23.636	-22.795	484.571	46.431	
	9	143.022	-165.871	35.212	-33.998	308.894	69.210	
9	9	143.022	-165.871	35.212	-33.998	308.894	69.210	
	10	81.322	-100.340	65.106	-66.272	181.662	131.378	
10	10	83.896	-102.414	90.354	-99.734	186.310	190.088	
	11	677.419	-646.057	125.000	-135.379	1323.476	260.378	
11	11	679.184	-647.447	191.218	-224.128	1326.631	415.346	
	12	1515.633	-1366.317	215.476	-249.086	2881.950	464.562	P2
12	12	1516.046	-1366.626	251.960	-249.086	2882.672	501.046	P2
	13	669.630	-640.952	227.008	-193.195	1310.582	420.203	
13	13	669.630	-640.952	227.008	-193.195	1310.582	420.203	
	14	69.489	-93.393	100.863	-90.985	162.881	191.849	
14	14	69.489	-93.393	100.863	-90.985	162.881	191.849	
	15	146.122	-173.829	30.028	-29.839	319.951	59.867	
15	15	147.520	-175.531	32.495	-33.957	323.051	66.452	
	16	231.504	-249.607	0.694	-3.156	481.112	3.850	
16	16	232.552	-250.873	20.494	-21.622	483.425	42.116	
	17	254.253	-264.357	13.026	-15.153	518.610	28.179	

부재	절점	모멘트		전단력		비틀림 모멘트		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
17	17	254.649	-264.839	17.064	-16.983	519.488	34.047	
	18	252.934	-261.008	17.662	-18.581	513.942	36.244	
18	18	252.934	-261.008	17.662	-18.581	513.942	36.244	
	19	228.966	-241.072	22.004	-21.694	470.038	43.698	
19	19	228.966	-241.072	22.004	-21.694	470.038	43.698	
	20	148.107	-166.634	33.149	-32.341	314.741	65.490	
20	20	148.107	-166.634	33.149	-32.341	314.741	65.490	
	21	58.346	-72.777	60.798	-62.053	131.122	122.851	
21	21	60.144	-74.239	81.532	-89.955	134.384	171.487	
	22	604.388	-573.424	116.182	-125.605	1177.812	241.787	
22	22	605.429	-574.255	174.216	-203.406	1179.684	377.622	
	23	1368.436	-1232.855	198.469	-228.359	2601.291	426.827	P3
23	23	1368.436	-1232.855	229.935	-228.359	2601.291	458.293	P3
	24	599.903	-570.824	204.984	-175.201	1170.728	380.185	
24	24	599.903	-570.824	204.984	-175.201	1170.728	380.185	
	25	48.630	-66.894	91.099	-82.273	115.524	173.372	
25	25	48.630	-66.894	91.099	-82.273	115.524	173.372	
	26	156.129	-179.390	26.970	-26.550	335.519	53.520	
26	26	157.610	-181.189	32.452	-33.272	338.799	65.725	
	27	238.138	-255.052	1.375	-3.195	493.191	4.571	
27	27	239.121	-256.237	21.509	-21.961	495.358	43.469	
	28	262.535	-274.845	12.686	-14.138	537.380	26.824	
28	28	262.915	-275.298	18.224	-17.562	538.213	35.786	
	29	264.121	-277.323	17.084	-17.422	541.444	34.506	
29	29	264.121	-277.323	17.084	-17.422	541.444	34.506	
	30	242.539	-261.989	21.523	-20.770	504.528	42.293	
30	30	242.539	-261.989	21.523	-20.770	504.528	42.293	
	31	162.720	-189.787	32.941	-31.893	352.506	64.834	
31	31	162.720	-189.787	32.941	-31.893	352.506	64.834	
	32	37.021	-59.580	61.062	-62.391	96.601	123.453	
32	32	38.836	-61.045	82.451	-91.395	99.880	173.846	
	33	590.404	-564.922	117.104	-127.048	1155.327	244.152	
33	33	591.552	-565.830	175.689	-205.799	1157.382	381.487	
	34	1362.942	-1229.574	199.939	-230.749	2592.516	430.688	P4
34	34	1362.942	-1229.574	227.256	-230.749	2592.516	458.005	P4
	35	603.127	-572.905	202.303	-173.558	1176.031	375.861	
35	35	603.127	-572.905	202.303	-173.558	1176.031	375.861	
	36	62.316	-75.559	89.067	-81.002	137.875	170.070	
36	36	62.316	-75.559	89.067	-81.002	137.875	170.070	
	37	143.839	-160.130	25.870	-25.833	303.969	51.702	
37	37	145.205	-161.780	32.066	-32.987	306.985	65.053	
	38	224.289	-233.691	1.663	-3.583	457.981	5.246	
38	38	225.242	-234.827	21.584	-21.940	460.069	43.524	
	39	248.545	-253.807	12.710	-14.066	502.352	26.776	
39	39	248.848	-254.159	18.573	-17.660	503.007	36.232	
	40	250.549	-257.948	16.986	-17.072	508.496	34.058	
40	40	250.549	-257.948	16.986	-17.072	508.496	34.058	
	41	228.692	-244.366	21.573	-20.417	473.058	41.990	
41	41	228.692	-244.366	21.573	-20.417	473.058	41.990	
	42	144.291	-170.052	33.831	-32.289	314.343	66.120	

부재	절점	모멘트		전단력		비틀림 모멘트		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
42	42	144.291	-170.052	33.831	-32.289	314.343	66.120	
	43	71.346	-94.097	64.255	-65.289	165.444	129.545	
43	43	73.060	-95.478	90.613	-100.244	168.538	190.856	
	44	669.188	-640.454	125.259	-135.890	1309.641	261.149	
44	44	670.089	-641.164	192.762	-226.287	1311.253	419.049	
	45	1514.206	-1365.522	217.021	-251.246	2879.728	468.267	P5
45	45	1514.206	-1365.522	249.956	-251.246	2879.728	501.202	P5
	46	674.591	-644.772	225.004	-191.744	1319.363	416.748	
46	46	674.591	-644.772	225.004	-191.744	1319.363	416.748	
	47	76.874	-98.261	100.208	-90.640	175.135	190.848	
47	47	76.874	-98.261	100.208	-90.640	175.135	190.848	
	48	145.312	-170.690	30.687	-30.496	316.002	61.183	
48	48	147.390	-173.233	33.806	-35.098	320.622	68.904	
	49	237.136	-253.931	0.000	-1.842	491.067	1.842	
49	49	238.801	-255.950	22.469	-23.442	494.751	45.911	
	50	269.689	-279.398	11.209	-13.182	549.087	24.391	
50	50	270.665	-280.577	21.247	-21.130	551.242	42.377	
	51	289.881	-297.862	13.518	-14.401	587.743	27.919	
51	51	290.067	-298.091	24.235	-22.877	588.158	47.112	
	52	318.110	-330.463	11.769	-11.411	648.573	23.180	
52	52	318.110	-330.463	27.125	-24.585	648.573	51.710	
	53	354.050	-376.582	10.067	-8.526	730.632	18.593	
53	53	354.050	-376.582	22.492	-19.539	730.632	42.031	
	54	363.823	-398.467	15.105	-13.152	762.290	28.257	
54	54	363.823	-398.467	15.105	-13.152	762.290	28.257	
	55	249.092	-282.268	39.629	-40.339	531.360	79.968	
55	55	249.092	-282.268	78.428	-89.745	531.360	168.174	
	56	0.755	-1.033	97.654	-109.526	1.788	207.181	P6

< Girder 2 >

부재	절점	모멘트		전단력		비틀림 모멘트		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	25.254	-42.086	98.222	-110.707	67.340	208.929	P1
	58	238.558	-221.424	79.133	-91.068	459.982	170.201	
57	58	238.558	-221.424	79.133	-91.068	459.982	170.201	
	59	359.556	-337.369	6.162	-6.667	696.925	12.828	
58	59	359.556	-337.369	16.132	-14.855	696.925	30.987	
	60	343.954	-330.662	20.534	-18.264	674.617	38.798	
59	60	343.954	-330.662	20.534	-18.264	674.617	38.798	
	61	305.976	-299.743	25.026	-23.128	605.718	48.154	
60	61	305.976	-299.743	25.026	-23.128	605.718	48.154	
	62	284.030	-279.042	21.948	-21.212	563.072	43.160	
61	62	284.054	-279.088	21.948	-21.212	563.143	43.160	
	63	279.031	-269.007	18.698	-19.211	548.038	37.909	
62	63	279.630	-269.618	18.698	-19.211	549.247	37.909	
	64	270.160	-249.443	19.581	-21.220	519.602	40.801	
63	64	271.199	-250.530	19.581	-21.220	521.729	40.801	
	65	206.791	-173.541	30.544	-32.558	380.332	63.102	
64	65	207.794	-174.671	30.544	-32.558	382.465	63.102	
	66	50.436	-16.359	62.416	-62.110	66.796	124.527	

부재	절점	모멘트		전단력		비틀림 모멘트		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
65	66	50.436	-16.359	96.352	-87.641	66.796	183.993	
	67	575.171	-587.639	131.741	-122.037	1162.810	253.778	
66	67	575.256	-588.300	217.414	-186.420	1163.556	403.834	
	68	1271.479	-1394.475	242.182	-210.493	2665.954	452.675	P2
67	68	1323.822	-1482.262	242.182	-249.109	2806.084	491.291	P2
	69	611.315	-651.564	191.001	-224.334	1262.879	415.336	
68	69	611.315	-651.564	191.001	-224.334	1262.879	415.336	
	70	69.192	-53.019	90.833	-101.446	122.211	192.278	
69	70	69.334	-53.019	90.833	-101.446	122.353	192.278	
	71	188.416	-165.534	29.662	-30.402	353.950	60.064	
70	71	188.416	-165.534	33.846	-32.980	353.950	66.825	
	72	264.710	-248.424	2.410	-0.551	513.134	2.961	
71	72	264.710	-248.424	21.754	-21.221	513.134	42.975	
	73	281.973	-270.725	14.164	-12.639	552.698	26.803	
72	73	281.973	-270.725	17.375	-18.063	552.698	35.438	
	74	283.675	-271.427	17.327	-17.022	555.102	34.350	
73	74	283.895	-271.653	17.327	-17.022	555.547	34.350	
	75	271.511	-252.096	20.162	-21.097	523.606	41.259	
74	75	271.999	-252.640	20.162	-21.097	524.639	41.259	
	76	207.498	-178.461	30.562	-31.997	385.959	62.559	
75	76	208.030	-179.171	30.562	-31.997	387.201	62.559	
	77	32.027	-3.596	59.914	-59.333	35.623	119.247	
76	77	32.027	-3.596	88.221	-80.307	35.623	168.528	
	78	520.411	-534.488	123.610	-114.703	1054.899	238.313	
77	78	520.852	-535.600	198.734	-171.139	1056.452	369.873	
	79	1163.498	-1276.274	223.503	-195.214	2439.772	418.716	P3
78	79	1186.579	-1314.921	223.503	-225.334	2501.500	448.837	P3
	80	540.367	-567.683	172.117	-200.560	1108.050	372.678	
79	80	540.367	-567.683	172.117	-200.560	1108.050	372.678	
	81	47.619	-28.887	81.039	-89.604	76.506	170.643	
80	81	47.988	-28.887	81.039	-89.604	76.875	170.643	
	82	186.827	-165.196	25.332	-25.337	352.023	50.669	
81	82	186.827	-165.196	32.119	-30.927	352.023	63.046	
	83	252.628	-239.298	4.459	-2.275	491.926	6.735	
82	83	252.628	-239.298	21.051	-20.227	491.926	41.278	
	84	264.800	-258.008	15.158	-13.342	522.808	28.500	
83	84	264.800	-258.008	16.915	-17.220	522.808	34.135	
	85	262.215	-256.363	18.172	-17.484	518.577	35.656	
84	85	262.436	-256.597	18.172	-17.484	519.033	35.656	
	86	244.683	-234.265	21.235	-21.652	478.948	42.887	
85	86	245.238	-234.886	21.235	-21.652	480.123	42.887	
	87	172.971	-156.555	32.111	-32.825	329.526	64.936	
86	87	173.519	-157.255	32.111	-32.825	330.773	64.936	
	88	60.491	-49.842	62.254	-60.638	110.333	122.893	
87	88	60.491	-49.842	91.666	-82.270	110.333	173.936	
	89	558.608	-597.904	127.051	-116.662	1156.512	243.713	
88	89	558.931	-598.831	203.150	-173.664	1157.762	376.814	
	90	1210.571	-1355.155	227.924	-197.743	2565.726	425.667	P4
89	90	1210.571	-1355.155	227.924	-222.391	2565.726	450.315	P4
	91	511.399	-519.767	170.475	-197.623	1031.166	368.097	

부재	절점	모멘트		전단력		비틀림 모멘트		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
90	91	511.399	-519.767	170.475	-197.623	1031.166	368.097	
	92	24.867	0.000	79.776	-87.334	24.867	167.109	
91	92	25.202	0.000	79.776	-87.334	25.202	167.109	
	93	216.785	-184.397	24.618	-23.991	401.182	48.609	
92	93	216.785	-184.397	31.835	-30.292	401.182	62.128	
	94	279.408	-257.060	5.096	-2.560	536.468	7.656	
93	94	279.408	-257.060	21.032	-20.054	536.468	41.085	
	95	290.754	-275.738	15.335	-13.364	566.492	28.699	
94	95	290.754	-275.738	17.012	-17.314	566.492	34.326	
	96	288.649	-274.597	18.069	-17.379	563.246	35.448	
95	96	288.798	-274.783	18.069	-17.379	563.581	35.448	
	97	271.528	-252.189	21.138	-21.705	523.716	42.843	
96	97	271.956	-252.734	21.138	-21.705	524.690	42.843	
	98	196.368	-169.908	32.774	-33.722	366.276	66.496	
97	98	196.715	-170.477	32.774	-33.722	367.192	66.496	
	99	63.240	-42.412	65.402	-63.826	105.652	129.228	
98	99	63.240	-42.774	100.820	-90.459	106.014	191.279	
	100	602.784	-636.897	136.212	-124.858	1239.682	261.070	
99	100	603.547	-638.439	223.592	-190.560	1241.986	414.151	
	101	1314.290	-1466.282	248.359	-214.633	2780.572	462.992	P5
100	101	1314.290	-1466.282	248.359	-243.913	2780.572	492.272	P5
	102	588.205	-610.072	187.447	-219.138	1198.277	406.585	
101	102	588.205	-610.072	187.447	-219.138	1198.277	406.585	
	103	58.767	-31.256	88.428	-97.667	90.024	186.095	
102	103	59.546	-31.646	88.428	-97.667	91.192	186.095	
	104	197.130	-168.338	28.261	-27.942	365.468	56.203	
103	104	197.130	-168.338	32.942	-31.192	365.468	64.134	
	105	263.765	-246.109	4.193	-1.451	509.874	5.644	
104	105	263.765	-246.109	21.530	-20.099	509.874	41.628	
	106	274.774	-266.736	15.290	-12.867	541.510	28.157	
105	106	274.774	-266.736	19.487	-19.163	541.510	38.650	
	107	281.533	-277.595	16.222	-14.906	559.128	31.128	
106	107	281.533	-277.595	21.502	-22.436	559.128	43.939	
	108	305.267	-299.116	12.953	-12.895	604.383	25.848	
107	108	305.896	-299.713	23.466	-25.594	605.609	49.059	
	109	345.502	-331.141	9.788	-10.923	676.643	20.711	
108	109	346.719	-332.325	18.705	-21.269	679.045	39.974	
	110	364.638	-339.880	14.120	-15.691	704.518	29.811	
109	110	366.007	-341.237	14.120	-15.691	707.244	29.811	
	111	248.537	-226.905	41.130	-40.007	475.441	81.137	
110	111	249.637	-228.040	90.045	-78.522	477.677	168.568	
	112	16.939	-28.162	109.685	-97.611	45.100	207.295	P6

4.4 바. 부재력 요약

1. 단면 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	903.038	2574.767	1117.323	1796.515	71.638	6463.280	절점 55 에서 0.28 M
G2	872.874	2357.320	829.990	1841.721	68.505	5970.411	절점 111 에서 0.28 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	338.679	963.302	417.472	763.777	28.402	2511.631	절점 55 에서 0.28 M
G2	329.380	886.001	313.046	781.112	27.367	2336.906	절점 111 에서 0.28 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	36.932	179.806	196.196	765.832	2.618	1181.386	절점 55 에서 0.28 M
G2	40.825	274.713	194.715	647.326	2.710	1160.289	절점 111 에서 0.28 M

2. 단면 - 2

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3040.298	8400.121	3534.450	5613.464	309.742	20898.074	절점 3 에서 3.16 M
G2	3000.252	8094.557	3007.125	5609.183	301.903	20013.019	절점 109 에서 1.88 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-176.130	-462.091	-186.830	-489.427	-28.042	-1342.520	절점 3 에서 3.16 M
G2	178.362	471.464	187.428	495.064	27.805	1360.122	절점 109 에서 1.88 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-39.921	-213.245	-230.685	-914.184	-2.654	-1400.689	절점 3 에서 3.16 M
G2	45.714	274.968	220.474	890.955	2.890	1435.001	절점 109 에서 1.88 M

3. 단면 - 3

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3819.986	10359.049	4345.797	7313.476	575.058	26413.366	절점 51 에서 2.52 M
G2	3789.483	10109.994	3851.784	7285.011	562.926	25599.198	절점 61 에서 2.51 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-11.005	-44.189	-13.747	-339.954	-28.037	-436.933	절점 51 에서 2.52 M
G2	10.060	39.475	6.987	352.349	27.773	436.644	절점 61 에서 2.51 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	0.981	12.891	40.797	484.907	4.056	543.631	절점 51 에서 2.52 M
G2	-3.532	-38.776	-28.118	-468.087	-4.035	-542.549	절점 61 에서 2.51 M

4. 단면 - 4

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2070.245	-5670.321	-1999.766	-4102.483	-866.894	-14709.709	절점 14 에서 0.63 M
G2	-2060.903	-5617.980	-1845.724	-4251.251	-874.060	-14649.917	절점 70 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-380.735	-994.211	-414.772	-758.781	-60.662	-2609.161	절점 14 에서 0.63 M
G2	-380.765	-963.055	-336.743	-780.882	-63.270	-2524.715	절점 70 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-14.388	-167.501	-208.763	-867.187	-5.190	-1263.029	절점 14 에서 0.63 M
G2	-12.677	-169.316	-124.384	-813.956	-4.852	-1125.185	절점 70 에서 0.63 M

5. 단면 - 5

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2575.803	-6999.956	-2562.218	-4568.990	-942.360	-17649.325	절점 13 에서 4.42 M
G2	-2563.246	-6877.042	-2279.011	-4725.926	-954.443	-17399.666	절점 69 에서 4.39 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-420.388	-1111.656	-475.284	-832.443	-58.964	-2898.733	절점 13 에서 4.42 M
G2	-421.158	-1045.557	-353.863	-869.409	-65.085	-2755.073	절점 69 에서 4.39 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-4.014	-70.229	-76.727	-967.747	-3.437	-1122.153	절점 13 에서 4.42 M
G2	-3.042	-103.163	-117.835	-944.171	-2.993	-1171.205	절점 69 에서 4.39 M

6. 단면 - 6

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-4978.572	-13174.368	-5220.494	-7452.675	-1236.125	-32062.233	절점 12 에서 2.94 M
G2	-4950.910	-12624.740	-4208.774	-7728.446	-1279.379	-30792.250	절점 68 에서 2.92 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-551.872	-1406.368	-622.231	-1042.861	-56.533	-3679.864	절점 12 에서 2.94 M
G2	-553.039	-1276.506	-410.718	-1111.206	-67.612	-3419.081	절점 68 에서 2.92 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	14.023	38.380	15.977	964.753	4.251	1037.383	절점 12 에서 2.94 M
G2	14.032	9.121	-14.098	-1233.153	-5.487	-1229.585	절점 68 에서 2.92 M

7. 단면 - 7

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-6718.012	-17512.201	-7139.419	-9988.287	-1402.647	-42760.566	절점 12 에서 0.00 M
G2	-6680.577	-16544.793	-5471.758	-10390.242	-1477.119	-40564.489	절점 68 에서 0.00 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	715.324	1761.907	765.715	1149.652	22.397	4414.995	절점 12 에서 0.00 M
G2	717.284	1631.816	538.791	1217.818	33.629	4139.338	절점 68 에서 0.00 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	32.767	161.943	162.794	1034.177	9.723	1401.404	절점 12 에서 0.00 M
G2	33.158	176.245	95.346	1227.130	8.481	1540.360	절점 68 에서 0.00 M

8. 단면 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2199.094	5927.287	2563.249	6285.058	247.753	17222.441	절점 28 에서 2.52 M
G2	2182.703	5725.430	2166.197	6290.483	243.019	16607.832	절점 84 에서 2.51 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	0.004	0.007	0.002	377.827	69.185	447.025	절점 28 에서 2.52 M
G2	0.002	0.004	0.003	387.424	68.564	455.998	절점 84 에서 2.51 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	0.006	0.014	0.023	-438.934	-3.366	-442.256	절점 28 에서 2.52 M
G2	-0.020	-0.058	-0.033	-435.551	-3.405	-439.068	절점 84 에서 2.51 M

9. 단면 - 9

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1393.329	3599.477	1716.130	5205.142	996.549	12910.627	절점 48 에서 2.52 M
G2	1386.301	3460.814	1447.482	5237.321	983.549	12515.467	절점 64 에서 2.51 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-310.923	-850.995	-338.919	-612.462	-27.370	-2140.669	절점 48 에서 2.52 M
G2	310.946	841.759	306.948	621.065	28.512	2109.230	절점 64 에서 2.51 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-49.914	-267.910	-234.435	-906.356	-10.792	-1469.408	절점 48 에서 2.52 M
G2	46.529	262.487	225.901	864.704	10.609	1410.231	절점 64 에서 2.51 M

10. 단면 - 10

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3407.934	-9177.925	-3494.378	-5458.087	-1054.002	-22592.326	절점 13 에서 2.52 M
G2	-3390.456	-8912.119	-2967.240	-5649.692	-1076.771	-21996.278	절점 69 에서 2.51 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-463.826	-1198.596	-513.617	-878.813	-58.964	-3113.816	절점 13 에서 2.52 M
G2	-464.278	-1129.292	-381.567	-918.226	-65.085	-2958.449	절점 69 에서 2.51 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-4.014	-90.858	-122.397	-960.460	-3.437	-1181.166	절점 13 에서 2.52 M
G2	-3.042	-115.649	-98.599	-945.033	-2.993	-1165.316	절점 69 에서 2.51 M

11. 단면 - 11

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-4334.197	-11538.799	-4507.184	-6590.613	-1165.644	-28136.435	절점 13 에서 0.63 M
G2	-4310.422	-11122.067	-3713.325	-6834.246	-1199.099	-27179.158	절점 69 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-509.875	-1285.538	-551.951	-927.053	-58.964	-3333.380	절점 13 에서 0.63 M
G2	-509.989	-1213.028	-409.271	-968.888	-65.085	-3166.261	절점 69 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-4.014	-111.486	-168.068	-953.173	-3.437	-1240.178	절점 13 에서 0.63 M
G2	-3.042	-128.135	-79.362	-966.037	-2.993	-1179.569	절점 69 에서 0.63 M

12. 현장이음 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3249.149	8946.882	3754.173	5993.471	345.143	22288.817	절점 3 에서 4.42 M
G2	3210.519	8650.541	3230.513	5980.856	336.738	21409.166	절점 59 에서 4.39 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-154.650	-404.124	-161.271	-471.075	-28.042	-1219.162	절점 3 에서 4.42 M
G2	-157.047	-415.648	-168.957	-474.991	-27.804	-1244.447	절점 59 에서 4.39 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-39.921	-199.491	-200.234	-919.166	-2.654	-1361.467	절점 3 에서 4.42 M
G2	-45.788	-266.823	-233.378	-889.983	-2.914	-1438.887	절점 59 에서 4.39 M

13. 현장이음 - 2

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3687.770	9959.586	4196.056	7363.583	663.458	25870.453	절점 6 에서 0.63 M
G2	3661.109	9729.976	3735.871	7337.709	649.891	25114.556	절점 62 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	77.287	224.216	80.057	374.734	27.996	784.291	절점 6 에서 0.63 M
G2	77.076	225.235	83.004	387.418	27.816	800.548	절점 62 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	19.669	76.565	23.183	522.657	4.993	647.067	절점 6 에서 0.63 M
G2	17.511	68.360	93.435	481.117	4.942	665.365	절점 62 에서 0.63 M

14. 현장이음 - 3

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1582.376	4118.839	1922.243	5407.554	979.258	14010.269	절점 8 에서 1.89 M
G2	1573.849	3970.796	1634.039	5437.705	965.683	13582.071	절점 64 에서 1.88 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	299.247	821.984	326.123	598.695	27.369	2073.418	절점 8 에서 1.89 M
G2	299.365	813.841	297.711	606.602	28.512	2046.032	절점 64 에서 1.88 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	49.892	260.981	219.224	908.550	10.803	1449.450	절점 8 에서 1.89 M
G2	46.529	258.324	232.315	863.929	10.609	1411.706	절점 64 에서 1.88 M

15. 현장이음 - 4

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3257.816	-8753.308	-3368.918	-5626.983	-1276.683	-22283.707	절점 10 에서 3.16 M
G2	-3236.607	-8428.397	-2755.869	-5723.915	-1300.421	-21445.209	절점 66 에서 3.13 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	562.431	1448.963	611.046	928.486	24.736	3575.662	절점 10 에서 3.16 M
G2	563.426	1380.714	474.874	963.684	31.228	3413.926	절점 66 에서 3.13 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	48.279	258.130	240.835	1084.710	12.323	1644.277	절점 10 에서 3.16 M
G2	47.059	275.965	198.588	988.062	11.915	1521.588	절점 66 에서 3.13 M

16. 현장이음 - 5

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3710.193	-9952.689	-3826.604	-5818.777	-1091.216	-24399.479	절점 13 에서 1.89 M
G2	-3690.711	-9637.111	-3212.078	-6031.849	-1117.547	-23689.296	절점 69 에서 1.88 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-479.002	-1227.577	-526.395	-894.811	-58.964	-3186.748	절점 13 에서 1.89 M
G2	-479.343	-1157.204	-390.801	-935.042	-65.085	-3027.475	절점 69 에서 1.88 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-4.014	-97.734	-137.621	-958.031	-3.437	-1200.837	절점 13 에서 1.89 M
G2	-3.042	-119.811	-92.186	-949.585	-2.993	-1167.617	절점 69 에서 1.88 M

17. 현장이음 - 6

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	663.275	1738.695	1032.576	5173.293	434.453	9042.292	절점 16 에서 0.63 M
G2	655.238	1570.774	713.103	5209.902	428.392	8577.409	절점 72 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-160.861	-443.689	-178.038	-514.241	-62.093	-1358.922	절점 16 에서 0.63 M
G2	-160.739	-438.659	-156.689	-525.549	-61.790	-1343.426	절점 72 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-11.353	-102.651	-130.636	-541.413	-4.650	-790.704	절점 16 에서 0.63 M
G2	-9.877	-94.728	-59.079	-562.602	-4.624	-730.910	절점 72 에서 0.63 M

18. 현장이음 - 7

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1113.621	2956.074	1455.961	5390.291	614.248	11530.194	절점 18 에서 4.42 M
G2	1102.721	2780.673	1124.859	5426.749	605.262	11040.263	절점 74 에서 4.39 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	95.999	268.329	116.987	491.121	62.080	1034.516	절점 18 에서 4.42 M
G2	95.811	263.135	97.023	502.083	61.806	1019.858	절점 74 에서 4.39 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	4.984	83.496	119.020	530.195	4.870	742.565	절점 18 에서 4.42 M
G2	4.737	78.420	49.553	561.098	4.873	698.681	절점 74 에서 4.39 M

19. 현장이음 - 8

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2356.432	-6278.985	-2525.287	-5374.273	-1456.411	-17991.387	절점 21 에서 3.16 M
G2	-2346.933	-6017.811	-2006.724	-5508.780	-1478.026	-17358.272	절점 77 에서 3.13 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	413.799	1048.859	460.475	868.151	58.877	2850.160	절점 21 에서 3.16 M
G2	414.306	983.807	335.831	905.464	65.209	2704.617	절점 77 에서 3.13 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	10.058	121.410	154.228	958.757	6.237	1250.691	절점 21 에서 3.16 M
G2	10.826	147.210	112.387	909.100	5.409	1184.933	절점 77 에서 3.13 M

20. 현장이음 - 9

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2181.037	-5804.890	-2361.300	-5285.082	-1418.668	-17050.977	절점 24 에서 1.89 M
G2	-2170.712	-5541.400	-1843.997	-5444.554	-1440.760	-16441.422	절점 80 에서 1.88 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-446.176	-1136.378	-490.761	-884.815	-65.842	-3023.971	절점 24 에서 1.89 M
G2	-446.868	-1071.854	-365.897	-922.370	-72.107	-2879.096	절점 80 에서 1.88 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-24.506	-161.538	-171.094	-965.356	-5.444	-1327.939	절점 24 에서 1.89 M
G2	-24.917	-186.487	-128.579	-917.762	-4.866	-1262.611	절점 80 에서 1.88 M

21. 현장이음 - 10

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1739.069	4646.763	2041.169	5673.334	554.748	14655.082	절점 27 에서 0.63 M
G2	1726.210	4466.523	1701.501	5688.510	546.579	14129.322	절점 83 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-128.455	-356.058	-147.337	-508.153	-69.052	-1209.056	절점 27 에서 0.63 M
G2	-128.236	-350.813	-127.023	-518.851	-68.692	-1193.615	절점 83 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-12.552	-105.026	-129.675	-535.000	-4.643	-786.896	절점 27 에서 0.63 M
G2	-11.519	-98.009	-59.043	-562.564	-4.597	-735.732	절점 83 에서 0.63 M

22. 현장이음 - 11

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1738.904	4646.339	2041.012	5674.660	554.771	14655.684	절점 29 에서 4.42 M
G2	1726.174	4466.454	1701.465	5684.807	546.570	14125.469	절점 85 에서 4.39 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	128.477	356.115	147.359	507.969	69.041	1208.962	절점 29 에서 4.42 M
G2	128.241	350.825	127.028	519.367	68.703	1194.164	절점 85 에서 4.39 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	12.563	105.055	129.742	536.237	4.635	788.231	절점 29 에서 4.42 M
G2	11.478	97.896	58.970	563.502	4.578	736.424	절점 85 에서 4.39 M

23. 현장이음 - 12

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2181.109	-5805.057	-2361.436	-5283.255	-1417.897	-17048.753	절점 32 에서 3.16 M
G2	-2170.832	-5541.721	-1844.062	-5458.853	-1441.510	-16456.977	절점 88 에서 3.13 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	446.178	1136.392	490.787	884.750	65.750	3023.858	절점 32 에서 3.16 M
G2	446.871	1071.865	365.890	923.158	72.199	2879.984	절점 88 에서 3.13 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	24.551	161.655	171.137	962.672	5.425	1325.441	절점 32 에서 3.16 M
G2	24.843	186.297	128.407	916.786	4.842	1261.175	절점 88 에서 3.13 M

24. 현장이음 - 13

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2356.518	-6279.235	-2525.347	-5373.718	-1457.263	-17992.080	절점 35 에서 1.89 M
G2	-2346.999	-6017.969	-2006.839	-5503.198	-1477.174	-17352.178	절점 91 에서 1.88 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-413.812	-1048.891	-460.483	-867.648	-58.983	-2849.817	절점 35 에서 1.89 M
G2	-414.309	-983.815	-335.836	-904.952	-65.101	-2704.014	절점 91 에서 1.88 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-10.079	-121.470	-154.330	-956.953	-6.514	-1249.345	절점 35 에서 1.89 M
G2	-10.741	-146.981	-112.252	-905.563	-5.730	-1181.267	절점 91 에서 1.88 M

25. 현장이음 - 14

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1113.669	2956.205	1456.034	5388.264	614.318	11528.489	절점 38 에서 0.63 M
G2	1102.768	2780.792	1124.899	5430.419	605.200	11044.077	절점 94 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-96.007	-268.346	-116.991	-491.099	-62.090	-1034.533	절점 38 에서 0.63 M
G2	-95.817	-263.149	-97.032	-502.043	-61.793	-1019.834	절점 94 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-4.995	-83.524	-119.069	-530.001	-4.879	-742.469	절점 38 에서 0.63 M
G2	-4.711	-78.338	-49.491	-561.010	-4.897	-698.447	절점 94 에서 0.63 M

26. 현장이음 - 15

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	663.431	1739.097	1032.767	5171.594	434.440	9041.328	절점 40 에서 4.42 M
G2	655.404	1571.204	713.289	5213.707	428.381	8581.984	절점 96 에서 4.39 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	160.853	443.667	178.026	514.187	62.093	1358.826	절점 40 에서 4.42 M
G2	160.731	438.637	156.679	525.482	61.789	1343.319	절점 96 에서 4.39 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	11.350	102.652	130.616	540.751	4.653	790.022	절점 40 에서 4.42 M
G2	9.917	94.835	59.156	561.915	4.618	730.439	절점 96 에서 4.39 M

27. 현장이음 - 16

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-3709.768	-9951.621	-3826.105	-5818.669	-1091.238	-24397.400	절점 43 에서 3.16 M
G2	-3690.880	-9637.461	-3212.179	-6025.970	-1117.510	-23683.999	절점 99 에서 3.13 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	478.968	1227.495	526.356	894.598	58.971	3186.387	절점 43 에서 3.16 M
G2	479.376	1157.276	390.829	934.742	65.076	3027.298	절점 99 에서 3.13 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	4.096	97.929	137.664	958.167	3.434	1201.290	절점 43 에서 3.16 M
G2	3.229	120.295	92.421	947.815	2.976	1166.736	절점 99 에서 3.13 M

28. 현장이음 - 17

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-3258.276	-8754.454	-3369.451	-5625.685	-1276.756	-22284.621	절점 46 에서 1.89 M
G2	-3236.321	-8427.711	-2755.620	-5733.272	-1300.377	-21453.300	절점 102 에서 1.88 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-562.464	-1449.042	-611.073	-928.741	-24.747	-3576.067	절점 46 에서 1.89 M
G2	-563.394	-1380.638	-474.848	-964.449	-31.218	-3414.545	절점 102 에서 1.88 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-48.208	-257.959	-240.744	-1084.099	-12.332	-1643.342	절점 46 에서 1.89 M
G2	-47.094	-276.081	-198.681	-989.420	-11.974	-1523.250	절점 102 에서 1.88 M

29. 현장이음 - 18

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1582.165	4118.301	1921.978	5409.344	979.274	14011.060	절점 48 에서 3.16 M
G2	1573.807	3970.697	1633.991	5433.580	965.699	13577.773	절점 104 에서 3.13 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-299.259	-822.013	-326.140	-598.627	-27.370	-2073.409	절점 48 에서 3.16 M
G2	-299.358	-813.826	-297.704	-606.910	-28.511	-2046.309	절점 104 에서 3.13 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-49.914	-261.034	-219.211	-908.846	-10.792	-1449.798	절점 48 에서 3.16 M
G2	-46.554	-258.408	-232.369	-864.437	-10.624	-1412.391	절점 104 에서 3.13 M

30. 현장이음 - 19

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3687.738	9959.506	4196.000	7364.595	663.449	25871.287	절점 50 에서 4.42 M
G2	3661.004	9729.696	3735.747	7336.344	649.907	25112.697	절점 106 에서 4.39 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-77.274	-224.178	-80.045	-374.910	-27.996	-784.404	절점 50 에서 4.42 M
G2	-77.080	-225.241	-83.005	-387.281	-27.817	-800.423	절점 106 에서 4.39 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-19.705	-76.647	-23.173	-523.057	-4.994	-647.577	절점 50 에서 4.42 M
G2	-17.510	-68.347	-93.443	-481.491	-4.936	-665.726	절점 106 에서 4.39 M

31. 현장이음 - 20

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3248.981	8946.428	3753.994	5993.746	345.139	22288.287	절점 53 에서 0.63 M
G2	3210.463	8650.386	3230.425	5982.829	336.746	21410.849	절점 109 에서 0.63 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	154.661	404.150	161.279	471.033	28.042	1219.165	절점 53 에서 0.63 M
G2	157.040	415.635	168.957	475.223	27.805	1244.658	절점 109 에서 0.63 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	39.955	199.607	200.328	919.344	2.672	1361.907	절점 53 에서 0.63 M
G2	45.714	266.643	233.299	889.610	2.890	1438.157	절점 109 에서 0.63 M

4.4 사. 반력 집계

A. G1 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	508.992	-34.018	29.116	-29.116	2624.599	2023.357	169
G2	368.249	942.212	296.049	12.701	-17.273	26.810	-26.810	1646.020	1562.427	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	545.111	-48.106	76.212	-76.212	6837.612	6091.971	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	40.609	-30.961	103.864	-103.864	5512.790	5233.493	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	542.908	-60.168	116.910	-116.910	5999.329	5162.434	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	31.541	-41.896	145.279	-145.279	4732.811	4368.815	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	542.907	-60.109	116.949	-116.949	5999.707	5162.792	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	31.621	-41.953	145.238	-145.238	4732.628	4368.578	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	545.103	-48.013	76.266	-76.266	6837.419	6091.770	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	40.653	-31.030	103.808	-103.808	5513.005	5233.706	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	508.997	-34.055	29.127	-29.127	2624.640	2023.334	174
G2	368.235	942.173	296.017	12.592	-17.294	26.799	-26.799	1645.817	1562.332	180

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	750.972	-56.506	29.116	-29.116	2866.579	2000.869	169
G2	368.249	942.212	296.049	184.087	-31.359	26.810	-26.810	1817.405	1548.340	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	803.549	-80.990	76.212	-76.212	7096.050	6059.087	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	241.940	-62.916	103.864	-103.864	5714.121	5201.537	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	798.908	-102.862	116.910	-116.910	6255.330	5119.740	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	227.996	-83.054	145.279	-145.279	4929.266	4327.657	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	798.904	-102.751	116.949	-116.949	6255.705	5120.151	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	228.093	-83.163	145.238	-145.238	4929.100	4327.368	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	803.527	-80.915	76.266	-76.266	7095.843	6058.868	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	242.002	-62.963	103.808	-103.808	5714.354	5201.774	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	750.982	-56.559	29.127	-29.127	2866.625	2000.830	174
G2	368.235	942.173	296.017	184.073	-31.279	26.799	-26.799	1817.297	1548.347	180

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	707.457	-66.971	29.116	-29.116	2823.064	1990.404	169
G2	368.249	942.212	296.049	555.613	-51.382	26.810	-26.810	2188.931	1528.318	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	774.744	-97.944	76.212	-76.212	7067.245	6042.133	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	638.955	-95.621	103.864	-103.864	6111.136	5168.833	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	759.609	-126.939	116.910	-116.910	6216.031	5095.663	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	625.242	-122.736	145.279	-145.279	5326.512	4287.975	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	759.545	-126.783	116.949	-116.949	6216.345	5096.118	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	625.330	-122.888	145.238	-145.238	5326.337	4287.643	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	774.671	-97.995	76.266	-76.266	7066.987	6041.789	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	639.017	-95.531	103.808	-103.808	6111.369	5169.205	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	707.474	-67.015	29.127	-29.127	2823.117	1990.374	174
G2	368.235	942.173	296.017	555.596	-51.316	26.799	-26.799	2188.821	1528.310	180

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	574.268	-47.541	29.116	-29.116	2689.876	2009.834	169
G2	368.249	942.212	296.049	16.336	-36.251	26.810	-26.810	1649.655	1543.448	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	1184.905	-68.334	76.212	-76.212	7477.406	6071.743	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	78.529	-46.032	103.864	-103.864	5550.711	5218.422	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	1141.693	-133.905	116.910	-116.910	6598.115	5088.697	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	80.416	-89.916	145.279	-145.279	4781.686	4320.795	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	1141.862	-133.994	116.949	-116.949	6598.662	5088.908	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	80.293	-89.815	145.238	-145.238	4781.299	4320.716	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	1184.815	-68.287	76.266	-76.266	7477.131	6071.497	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	78.648	-46.128	103.808	-103.808	5551.001	5218.608	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	574.411	-47.728	29.127	-29.127	2690.054	2009.661	174
G2	368.235	942.173	296.017	16.158	-36.132	26.799	-26.799	1649.383	1543.494	180

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	847.336	-79.119	29.116	-29.116	2962.943	1978.256	169
G2	368.249	942.212	296.049	202.609	-50.720	26.810	-26.810	1835.928	1528.979	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	1757.073	-115.229	76.212	-76.212	8049.574	6024.848	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	533.621	-90.114	103.864	-103.864	6005.802	5174.339	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	1695.022	-226.709	116.910	-116.910	7151.444	4995.893	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	521.893	-177.829	145.279	-145.279	5223.163	4232.882	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	1695.225	-226.763	116.949	-116.949	7152.025	4996.138	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	521.736	-177.736	145.238	-145.238	5222.742	4232.795	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	1756.976	-115.156	76.266	-76.266	8049.292	6024.628	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	533.756	-90.186	103.808	-103.808	6006.108	5174.550	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	847.538	-79.382	29.127	-29.127	2963.181	1978.007	174
G2	368.235	942.173	296.017	202.411	-50.528	26.799	-26.799	1835.636	1529.098	180

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	805.288	-93.584	29.116	-29.116	2920.895	1963.791	169
G2	368.249	942.212	296.049	608.476	-77.550	26.810	-26.810	2241.795	1502.150	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	1697.485	-139.175	76.212	-76.212	7989.986	6000.902	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	1388.537	-136.393	103.864	-103.864	6860.718	5128.060	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	1638.690	-275.535	116.910	-116.910	7095.112	4947.067	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	1346.672	-266.804	145.279	-145.279	6047.942	4143.908	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	1638.792	-275.470	116.949	-116.949	7095.592	4947.432	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	1346.585	-266.833	145.238	-145.238	6047.592	4143.698	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	1697.481	-139.281	76.266	-76.266	7989.797	6000.503	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	1388.555	-136.278	103.808	-103.808	6860.907	5128.458	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	805.442	-93.781	29.127	-29.127	2921.085	1963.608	174
G2	368.235	942.173	296.017	608.358	-77.507	26.799	-26.799	2241.583	1502.119	180

B. G2 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	12.053	-27.308	29.116	-29.116	2127.660	2030.068	169
G2	368.249	942.212	296.049	520.190	-28.833	26.810	-26.810	2153.509	1550.866	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	18.696	-33.047	76.212	-76.212	6311.197	6107.030	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	561.419	-47.780	103.864	-103.864	6033.601	5216.674	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	18.917	-38.728	116.910	-116.910	5475.338	5183.874	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	559.377	-58.582	145.279	-145.279	5260.647	4352.129	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	18.944	-38.663	116.949	-116.949	5475.744	5184.239	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	559.381	-58.648	145.238	-145.238	5260.387	4351.883	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	18.632	-33.028	76.266	-76.266	6310.948	6106.756	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	561.426	-47.597	103.808	-103.808	6033.779	5217.139	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	11.998	-27.303	29.127	-29.127	2127.641	2030.086	174
G2	368.235	942.173	296.017	520.185	-28.848	26.799	-26.799	2153.409	1550.778	180

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	155.076	-38.320	29.116	-29.116	2270.684	2019.055	169
G2	368.249	942.212	296.049	788.842	-48.837	26.810	-26.810	2422.161	1530.862	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	199.548	-58.746	76.212	-76.212	6492.049	6081.332	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	853.593	-83.685	103.864	-103.864	6325.774	5180.768	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	183.413	-79.587	116.910	-116.910	5639.835	5143.016	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	850.351	-103.886	145.279	-145.279	5551.621	4306.825	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	183.311	-79.465	116.949	-116.949	5640.112	5143.436	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	850.354	-104.007	145.238	-145.238	5551.360	4306.524	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	199.453	-58.970	76.266	-76.266	6491.769	6080.814	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	853.608	-83.438	103.808	-103.808	6325.961	5181.299	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	155.099	-38.318	29.127	-29.127	2270.742	2019.071	174
G2	368.235	942.173	296.017	788.829	-48.843	26.799	-26.799	2422.054	1530.783	180

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	511.659	-61.067	29.116	-29.116	2627.266	1996.308	169
G2	368.249	942.212	296.049	757.040	-56.909	26.810	-26.810	2390.359	1522.790	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	577.150	-90.688	76.212	-76.212	6869.650	6049.390	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	838.620	-102.190	103.864	-103.864	6310.802	5162.264	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	561.243	-119.219	116.910	-116.910	6017.665	5103.384	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	826.172	-129.443	145.279	-145.279	5527.442	4281.269	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	561.151	-119.060	116.949	-116.949	6017.951	5103.842	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	826.233	-129.600	145.238	-145.238	5527.239	4280.931	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	577.058	-90.837	76.266	-76.266	6869.375	6048.947	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	838.670	-102.004	103.808	-103.808	6311.022	5162.732	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	511.684	-61.091	29.127	-29.127	2627.327	1996.298	174
G2	368.235	942.173	296.017	757.022	-56.873	26.799	-26.799	2390.247	1522.753	180

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	15.883	-49.290	29.116	-29.116	2131.490	2008.085	169
G2	368.249	942.212	296.049	572.883	-39.559	26.810	-26.810	2206.202	1540.140	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	35.036	-67.193	76.212	-76.212	6327.537	6072.885	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	1212.335	-67.106	103.864	-103.864	6684.516	5197.347	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	37.586	-101.640	116.910	-116.910	5494.008	5120.962	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	1169.190	-129.531	145.279	-145.279	5870.460	4281.180	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	37.519	-101.499	116.949	-116.949	5494.319	5121.402	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	1169.294	-129.684	145.238	-145.238	5870.301	4280.847	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	35.010	-67.215	76.266	-76.266	6327.326	6072.569	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	1212.183	-66.920	103.808	-103.808	6684.535	5197.817	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	15.794	-49.208	29.127	-29.127	2131.437	2008.181	174
G2	368.235	942.173	296.017	572.971	-39.729	26.799	-26.799	2206.196	1539.898	180

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	186.742	-55.003	29.116	-29.116	2302.350	2002.372	169
G2	368.249	942.212	296.049	865.781	-67.971	26.810	-26.810	2499.100	1511.729	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	434.575	-84.326	76.212	-76.212	6727.076	6055.752	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	1857.936	-118.770	103.864	-103.864	7330.117	5145.684	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	424.198	-169.265	116.910	-116.910	5880.620	5053.337	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	1794.717	-230.166	145.279	-145.279	6495.987	4180.545	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	424.076	-169.050	116.949	-116.949	5880.876	5053.852	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	1794.825	-230.377	145.238	-145.238	6495.832	4180.154	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	434.727	-84.657	76.266	-76.266	6727.043	6055.127	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	1857.793	-118.518	103.808	-103.808	7330.145	5146.218	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	186.718	-54.942	29.127	-29.127	2302.361	2002.447	174
G2	368.235	942.173	296.017	865.857	-68.125	26.799	-26.799	2499.082	1511.501	180

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	583.422	-86.601	29.116	-29.116	2699.029	1970.774	169
G2	368.249	942.212	296.049	828.076	-78.967	26.810	-26.810	2461.395	1500.732	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	1249.122	-129.574	76.212	-76.212	7541.623	6010.503	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	1833.840	-144.806	103.864	-103.864	7306.021	5119.648	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	1209.334	-257.617	116.910	-116.910	6665.756	4964.985	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	1773.518	-282.270	145.279	-145.279	6474.788	4128.441	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	1209.338	-257.468	116.949	-116.949	6666.138	4965.434	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	1773.531	-282.399	145.238	-145.238	6474.538	4128.132	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	1249.199	-129.794	76.266	-76.266	7541.515	6009.990	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	1833.793	-144.634	103.808	-103.808	7306.145	5120.102	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	583.486	-86.719	29.127	-29.127	2699.129	1970.670	174
G2	368.235	942.173	296.017	828.031	-78.989	26.799	-26.799	2461.256	1500.637	180

C. 풍하중

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	풍 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		좌->우	우->좌	Max	Min	Max	Min	
G1	398.617	1158.029	529.845	190.676	-223.595	29.116	-29.116	2306.283	1833.780	169
G2	368.249	942.212	296.049	225.068	-191.410	26.810	-26.810	1858.387	1388.289	175

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	풍 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		좌->우	우->좌	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.129	3364.022	1493.138	525.713	-629.464	76.212	-76.212	6818.214	5510.613	170
G2	1363.358	3036.638	968.322	625.085	-521.574	103.864	-103.864	6097.267	4742.880	176

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	풍 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		좌->우	우->좌	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.382	2865.498	1296.632	479.175	-570.728	116.910	-116.910	5935.597	4651.875	171
G2	1181.506	2560.180	814.305	566.000	-475.490	145.279	-145.279	5267.270	3935.221	177

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	풍 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		좌->우	우->좌	Max	Min	Max	Min	
G1	1177.441	2865.660	1296.750	479.123	-570.637	116.949	-116.949	5935.923	4652.264	172
G2	1181.470	2560.084	814.215	567.672	-476.487	145.238	-145.238	5268.679	3934.044	178

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	풍 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		좌->우	우->좌	Max	Min	Max	Min	
G1	1359.088	3363.912	1493.050	525.919	-629.812	76.266	-76.266	6818.236	5509.972	173
G2	1363.398	3036.741	968.405	626.277	-522.285	103.808	-103.808	6098.629	4742.451	179

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	풍 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		좌->우	우->좌	Max	Min	Max	Min	
G1	398.620	1158.034	529.862	190.705	-223.647	29.127	-29.127	2306.348	1833.742	174
G2	368.235	942.173	296.017	224.272	-190.934	26.799	-26.799	1857.497	1388.692	180

D. 최대 반력 집계

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	398.617	1158.029	529.845	942.674	-205.382	29.116	-29.116	3058.281	1851.993	169	3500
G2	368.249	942.212	296.049	978.315	-174.672	26.810	-26.810	2611.634	1405.027	175	3500

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1359.129	3364.022	1493.138	2019.930	-453.907	76.212	-76.212	8312.431	5686.170	170	8500
G2	1363.358	3036.638	968.322	2170.479	-405.593	103.864	-103.864	7642.660	4858.861	176	8000

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1177.382	2865.498	1296.632	1934.609	-560.899	116.910	-116.910	7391.031	4661.704	171	7500
G2	1181.506	2560.180	814.305	2077.717	-520.015	145.279	-145.279	6778.987	3890.696	177	7000

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1177.441	2865.660	1296.750	1934.786	-560.788	116.949	-116.949	7391.586	4662.113	172	7500
G2	1181.470	2560.084	814.215	2078.661	-520.642	145.238	-145.238	6779.668	3889.889	178	7000

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	1359.088	3363.912	1493.050	2019.936	-454.187	76.266	-76.266	8312.252	5685.597	173	8500
G2	1363.398	3036.741	968.405	2170.932	-405.777	103.808	-103.808	7643.284	4858.959	179	8000

< P6 >

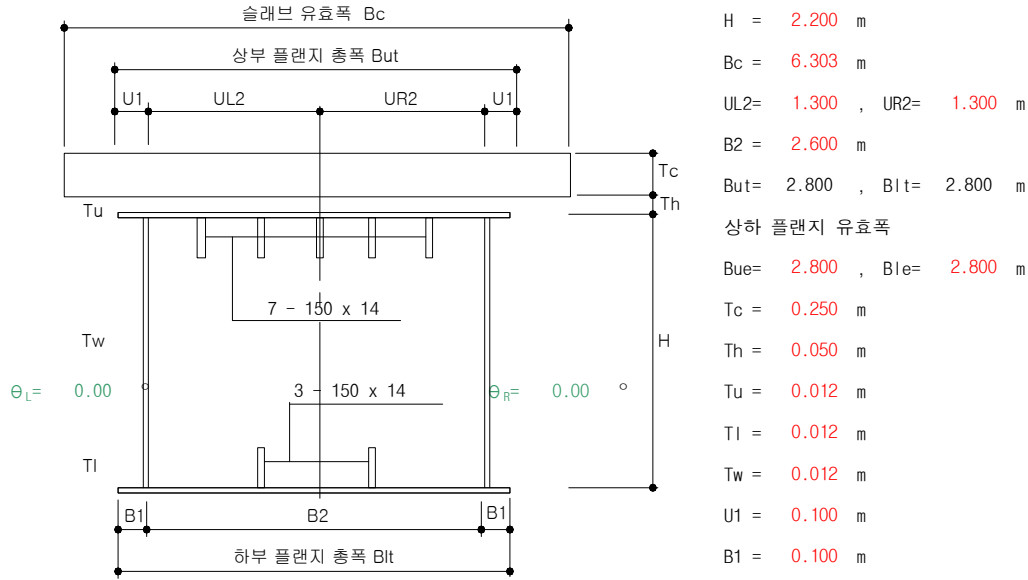
위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	398.620	1158.034	529.862	942.890	-205.605	29.127	-29.127	3058.534	1851.784	174	3500
G2	368.235	942.173	296.017	977.993	-174.456	26.799	-26.799	2611.218	1405.170	180	3500

4.5 단 면 검 토

< 단 면 - 1 > : 절점 1 로 부터 이격 거리 2.323 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선형팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3215.059
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1033.078
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	208.970
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	1731.561
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1314.349
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-421.543
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-81.810
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-797.984
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-218.956
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-201.021
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-281.777
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-767.239

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

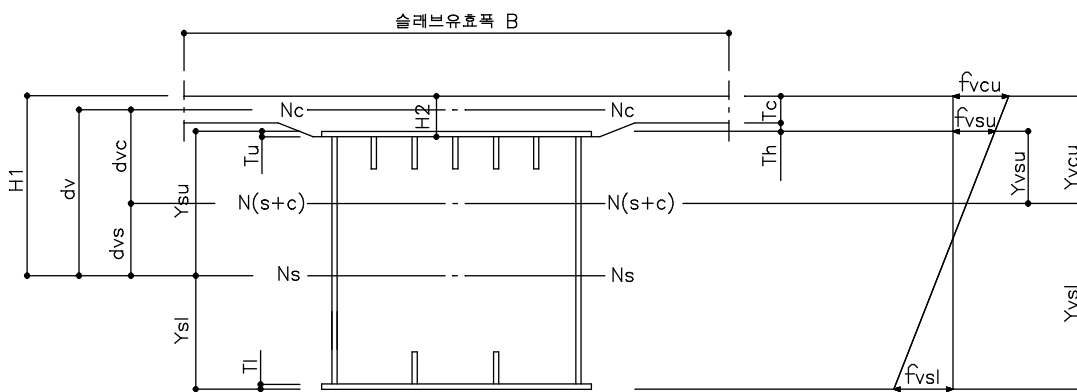
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1106.0	37161600	41100729600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1025.0	15067500	15444187500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2200.0	26400.0	0.0	0	0	10648000000
1 - R_WEB	12.0	2200.0	26400.0	0.0	0	0	10648000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1025.0	-6457500	6618937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600.0	-1106.0	-37161600	41100729600	403200
강단면 합계			141000.0		8610000	104264584200	21336181400
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1275.0	2009135178	2561647351998	8207251544

* As = 141000.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 104264584200 + 21336181400 = 125600765600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 8610000 / 141000 = 61.064 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 125600765600 - 141000 \times 61.064^2 = 125075006026 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2200.0 / 2 + 12.0 - 61.064 = 1050.936 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1050.936 - 2224.000 = -1173.064 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5777744 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 27.014 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -30.154 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 26.472 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 337974 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1213.936 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 506.444 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 707.492 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 631.444 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 381.444 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 343.444 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1880.556 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 247198770901 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 5818556.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.330 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.199 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.435 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -7.859 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.423 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.553 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.334 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.406 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -13.173 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 20.608 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.067 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.040 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.290 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.590 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.567 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 239487 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n1 + A_s) = 714.715 \text{ mm} \quad K = 0.942$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 499.221 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 839.715 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 589.715 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 551.715 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1672.285 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n1 \cdot d_{c1}^2 = 211037125438 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 416896 \text{ N}$$

$$P \phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 416896 \text{ N}$$

$$M \phi = P \phi \cdot d_{c1} = 297961626 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.330 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.199 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n1 \cdot (P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.151 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n1 \cdot (P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.041 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.475 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = -0.483 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 206658 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 828.252 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 385.684 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 953.252 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 703.252 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 665.252 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1558.748 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 191432532988 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3083425833 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.009 \text{ MPa} \\
fvcl2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.167 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 28.108 \text{ MPa} \\
fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = -5.636 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 2513860372 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.408 \text{ MPa} \\
fc1t &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.707 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 17.977 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = -3.328 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 56.503 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 39.463 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw)) = 58.286 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 8)^2 + 0.130 \times (0.0 / 8) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_u \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	27.014	-30.154	177.975	190.000
1+2+3	0.883	0.533	10.800	10.800	30.855	-51.186	177.975	190.000
1+2+3+5	0.731	0.492	10.800	10.800	33.330	-51.669	204.671	190.000
1+2+3+5+6	-0.278	-0.675	1.890	1.890	61.438	-57.305	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.686	-1.383	2.174	2.174	79.415	-60.633	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	0.130	0.032	12.420	12.420	43.461	-53.977	231.368	218.500
1+2+4	0.397	0.240	12.960	12.960	28.740	-39.602	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	0.916	0.553	13.500	13.500	31.001	-51.980	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	0.765	0.512	13.500	13.500	33.475	-52.464	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-0.244	-0.655	2.363	2.363	61.583	-58.100	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.652	-1.363	2.552	2.552	79.560	-61.428	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.164	0.052	14.580	14.580	43.606	-54.772	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{79.415}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{56.503}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.118 + 0.264 = 0.382 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-57.305}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{56.503}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.091 + 0.264 = 0.355 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 8.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/27.014)} = 2.652 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.200) = 2.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/79.56)} = 1.545 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.33 + 2.15 \times 0.553 + (-0.151) + (-1.009) + (0.408) \\ &= 0.865 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.33 + 2.15 \times 0.553 + (0.408) \\ &= 2.026 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.33 + 1.3 \times 0.067 + (-0.151) + (-1.009) + (0.408) \\ &= -0.237 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.33 + 2.15 \times 0.553 + 1.3 (1/2 \times 0.067) + (-0.151) + (-1.009) + (0.408) \\ &= 0.908 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (27.014 + 1.435) + 2.15 \times 2.406 + (2.475) + (28.108) + (17.977) \\ &= 90.716 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (27.014 + 1.435) + 2.15 \times 2.406 + (17.977) \\ &= 60.134 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (27.014 + 1.435) + 1.3 \times 0.29 + (2.475) + (28.108) + (17.977) \\ &= 85.922 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (27.014 + 1.435) + 2.15 \times 2.406 + 1.3 (1/2 \times 0.29) + (2.475) + (28.108) + (17.977) \\ &= 90.905 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-30.154 + -7.859) + 2.15 \times -13.173 + (-0.483) + (-5.636) + (-3.328) \\ &= -87.186 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-30.154 + -7.859) + 2.15 \times -13.173 + (-3.328) \\ &= -81.066 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

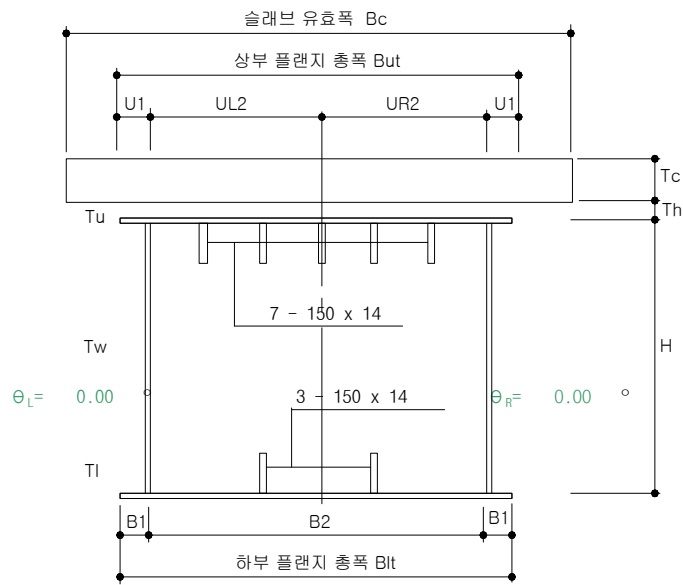
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-30.154 + -7.859) + 1.3 \times -1.59 + (-0.483) + (-5.636) + (-3.328) \\ &= -60.931 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-30.154 + -7.859) + 2.15 \times -13.173 + 1.3 (1/2 \times -1.59) + (-0.483) + (-5.636) + (-3.328) \\ &= -88.219 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< 단 면 - 2 > : 절점 3 로 부터 이격 거리 3.156 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 6.303 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.012 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	11440.419
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3534.450
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	376.279
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5923.206
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-638.221
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-186.830
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-9.236
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-517.469
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-253.166
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-230.685
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-316.808
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-916.839

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

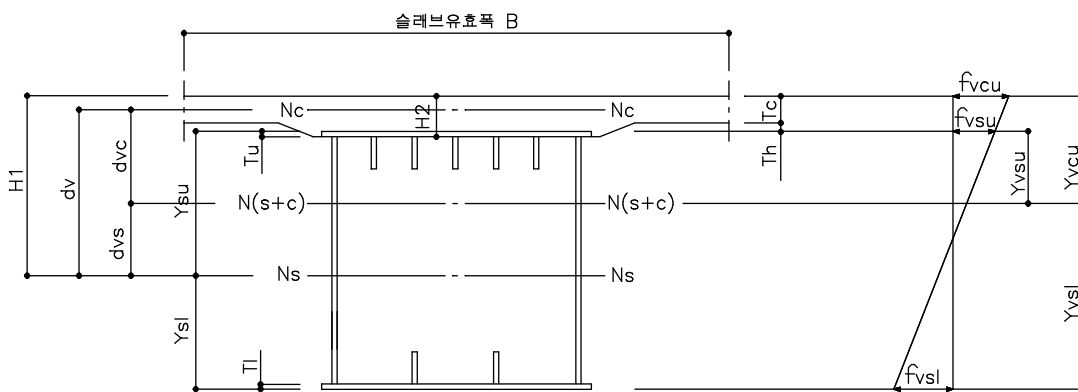
합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600.0	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800.0		9450000	124316224200	27688181400
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 145800.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6300144 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 86.691 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -96.487 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 12.755 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 342774 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.185 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 557.291 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 752.894 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 682.291 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 432.291 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 394.291 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2029.709 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 296239360175 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.018 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.645 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 4.704 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -24.217 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.759 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.705 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.080 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.884 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -40.583 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.008 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.108 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.069 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.501 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -2.578 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.242 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 244287 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 781.970 \text{ mm} \quad K = 0.725$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 528.216 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 906.970 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 656.970 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 618.970 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1805.030 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 252807258315 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1309695 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1309695 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 1024141852 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.018 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.645 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.516 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.189 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.179 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.060 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi/2) = 8 \times (1 + 4.0/2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 211458 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 903.371 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 406.814 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1028.371 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 778.371 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 740.371 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1683.629 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 229445586732 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3363077325 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.174 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.284 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 25.473 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = -0.286 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 2766252476 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.612 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.824 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 17.150 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvs1/Iv = 0.740 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw)) = 32.522 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mwt)/(2 FvTw)) = 19.756 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw/2 + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mwt/2 + Mvt)/(2 FvTw)) = 33.643 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_u \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	86.691	-96.487	177.975	190.000
1+2+3	2.723	1.725	10.800	10.800	99.279	-161.287	177.975	190.000
1+2+3+5	2.207	1.536	10.800	10.800	106.458	-161.227	204.671	190.000
1+2+3+5+6	1.033	0.252	10.800	10.800	131.931	-161.513	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	0.421	-0.572	12.420	2.174	149.082	-160.773	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.646	1.076	12.420	12.420	114.781	-162.253	231.368	218.500
1+2+4	1.126	0.713	12.960	12.960	91.896	-123.281	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.777	1.759	13.500	13.500	99.529	-162.576	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.261	1.570	13.500	13.500	106.708	-162.516	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.087	0.286	13.500	13.500	132.182	-162.802	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.475	-0.538	14.580	2.552	149.332	-162.062	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.700	1.110	14.580	14.580	115.031	-163.542	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합중 (㉠ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (㉠ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{131.931}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{32.522}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.416 + 0.087 = 0.503 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-161.513}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{32.522}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.723 + 0.087 = 0.810 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/86.691)} = 1.480 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.128) = 3.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/149.332)} = 1.128 < 1.2 \Rightarrow 1.128$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.018 + 2.15 \times 1.705 + (-0.516) + (-1.174) + (0.612)$$

$$= 3.912 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.018 + 2.15 \times 1.705 + (0.612)$$

$$= 5.602 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.018 + 1.3 \times 0.108 + (-0.516) + (-1.174) + (0.612)$$

$$= 0.387 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.018 + 2.15 \times 1.705 + 1.3 (1/2 \times 0.108) + (-0.516) + (-1.174) + (0.612)$$

$$= 3.982 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (86.691 + 4.704) + 2.15 \times 7.884 + (7.179) + (25.473) + (17.15) \\ &= 185.566 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (86.691 + 4.704) + 2.15 \times 7.884 + (17.15) \\ &= 152.914 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (86.691 + 4.704) + 1.3 \times 0.501 + (7.179) + (25.473) + (17.15) \\ &= 169.267 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (86.691 + 4.704) + 2.15 \times 7.884 + 1.3 (1/2 \times 0.501) + (7.179) + (25.473) + (17.15) \\ &= 185.892 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-96.487 + -24.217) + 2.15 \times -40.583 + (0.06) + (-0.286) + (-0.74) \\ &= -245.134 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-96.487 + -24.217) + 2.15 \times -40.583 + (-0.74) \\ &= -244.908 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

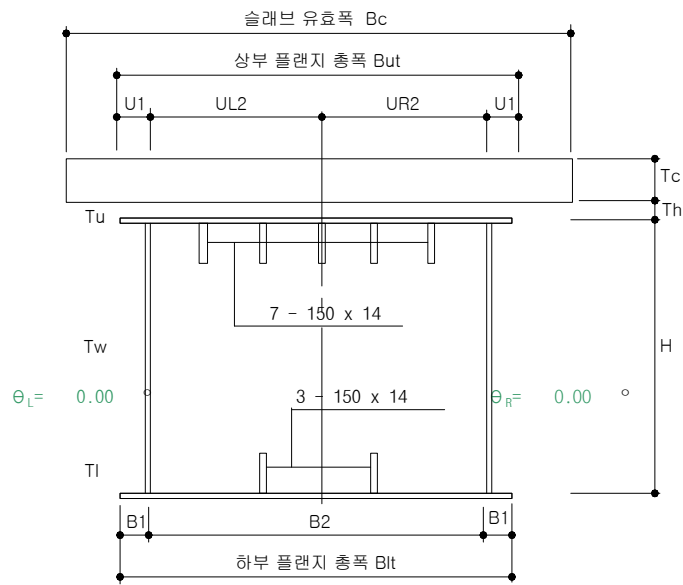
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-96.487 + -24.217) + 1.3 \times -2.578 + (0.06) + (-0.286) + (-0.74) \\ &= -161.232 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-96.487 + -24.217) + 2.15 \times -40.583 + 1.3 (1/2 \times -2.578) + (0.06) + (-0.286) + (-0.74) \\ &= -246.810 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< 단 면 - 3 > : 절점 51 로 부터 이격 거리 2.525 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 6.303 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 TI = 0.018 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	14179.035
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4345.797
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	325.954
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	7888.534
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-55.194
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-13.747
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-5.554
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-367.992
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	13.871
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	40.797
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	45.009
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	488.963

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

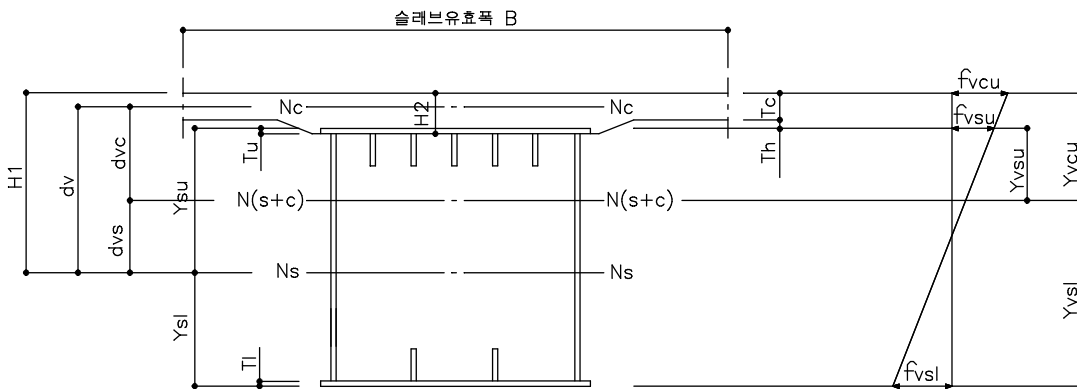
합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 162600.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 103.035 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -92.659 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 1.050 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 652.263 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 790.154 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 777.263 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 489.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 362412155939 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.165 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.790 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.867 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -23.272 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.506 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.115 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.435 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 10.650 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -42.244 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.598 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.087 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.059 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.440 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.746 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.392 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 261087 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 898.310 \text{ mm} \quad K = 0.488$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 544.107 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 1023.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304192253272 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1540631 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1540631 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 1383963996 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.165 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.790 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.654 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.314 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.533 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.138 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 228258 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1027.508 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 414.909 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 902.508 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 864.508 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1565.492 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.355 \text{ MPa} \\
fvcl2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.426 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 22.205 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 5.633 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.851 \text{ MPa} \\
fc1t &= 1/n \cdot (P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.987 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 15.938 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 5.344 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 11.154 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 1.948 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw)) = 11.350 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 177.975$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ Mpa 사용})$$

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

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	103.035	-92.659	177.975	190.000
1+2+3	3.280	2.225	10.800	10.800	119.551	-158.175	177.975	190.000
1+2+3+5	2.626	1.911	10.800	10.800	127.085	-156.037	204.671	190.000
1+2+3+5+6	1.270	0.484	10.800	10.800	149.290	-150.403	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	0.419	-0.503	12.420	2.174	165.228	-145.060	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	2.121	1.471	12.420	12.420	133.352	-155.747	231.368	218.500
1+2+4	1.252	0.850	12.960	12.960	109.342	-117.677	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	3.324	2.255	13.500	13.500	119.771	-159.048	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.669	1.940	13.500	13.500	127.305	-156.909	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.314	0.514	13.500	13.500	149.510	-151.276	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.463	-0.473	14.580	2.552	165.448	-145.932	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.165	1.501	14.580	14.580	133.573	-156.620	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 합중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{149.290}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{11.154}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.532 + 0.010 = 0.542 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-158.175}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.154}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.693 + 0.010 = 0.703 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/103.035)} = 1.358 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.072) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/165.448)} = 1.072 < 1.2 \Rightarrow 1.072$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.165 + 2.15 \times 2.115 + (-0.654) + (-1.355) + (0.851)$$

$$= 4.903 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.165 + 2.15 \times 2.115 + (0.851)$$

$$= 6.912 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.165 + 1.3 \times 0.087 + (-0.654) + (-1.355) + (0.851)$$

$$= 0.469 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.165 + 2.15 \times 2.115 + 1.3 (1/2 \times 0.087) + (-0.654) + (-1.355) + (0.851)$$

$$= 4.959 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (103.035 + 5.867) + 2.15 \times 10.65 + (7.533) + (22.205) + (15.938)$$

$$= 210.145 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (103.035 + 5.867) + 2.15 \times 10.65 + (15.938) \\ &= 180.406 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (103.035 + 5.867) + 1.3 \times 0.44 + (7.533) + (22.205) + (15.938) \\ &= 187.820 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (103.035 + 5.867) + 2.15 \times 10.65 + 1.3 (1/2 \times 0.44) + (7.533) + (22.205) + (15.938) \\ &= 210.431 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-92.659 + -23.272) + 2.15 \times -42.244 + (2.138) + (5.633) + (-5.344) \\ &= -239.106 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-92.659 + -23.272) + 2.15 \times -42.244 + (-5.344) \\ &= -246.878 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-92.659 + -23.272) + 1.3 \times -1.746 + (2.138) + (5.633) + (-5.344) \\ &= -150.552 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-92.659 + -23.272) + 2.15 \times -42.244 + 1.3 (1/2 \times -1.746) + (2.138) + (5.633) + (-5.344) \\ &= -240.241 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 6.225 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

TI = 0.016 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8126.381
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2563.249
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	285.384
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6532.811
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	0.011
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	0.002
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.401
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	447.012
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.020
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.023
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.983
Mvst : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-442.300

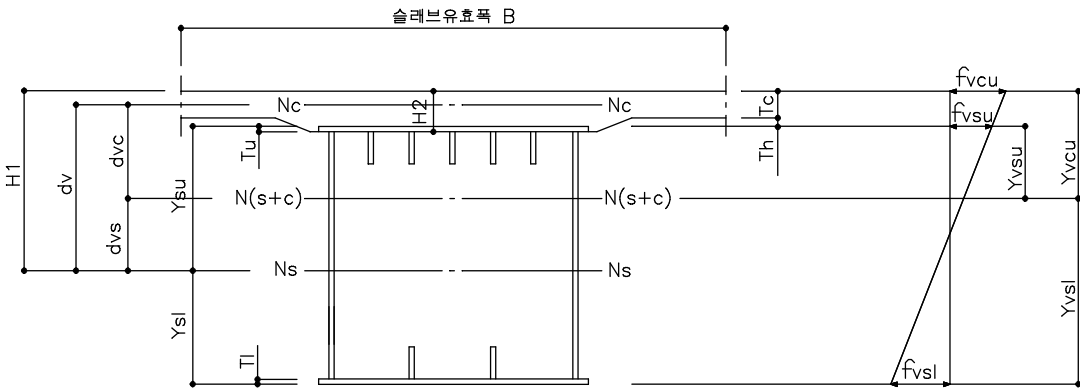
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800.0	-1208.0	-54118400	65375027200	955733
강단면 합계			157000.0		-4146800	140822201800	27688733933
1 - RC SLAB	6225.5	250.0	1556370.2	1375.0	2140009014	2942512394723	8106094751

$$* A_s = 157000.0 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1556370.2 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-4146800}{157000} = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 59.761 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -57.405 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.000 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 351546 \text{ mm}^2$$

lc/n = 1013261844 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.413 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 625.869 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 775.544 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + T_c/2 = 750.869 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - T_c = 500.869 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - H_2 + T_u = 462.869 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1965.131 \text{ mm}$$

$$I_v = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 340051270596 \text{ mm}^4$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.707 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.472 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 3.489 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -14.813 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.000 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.803 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.203 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.892 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -37.753 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.665 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.079 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.053 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.388 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.649 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.013 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 254273 \text{ mm}^2$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$$dc1 = d_v \cdot A_s / (A_c / n1 + A_s) = 865.297 \text{ mm}$$

$$K = 0.063$$

$$ds1 = d_v - dc1 = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = dc1 + T_c / 2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n1 + A_s \cdot ds1^2 + A_c / n1 \cdot dc1^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 917809 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 917809 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot dc1 = 794177829 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec1 = Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.707 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.472 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = -0.471 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = -0.238 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 3.732 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 3.309 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 221849 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 991.765 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 409.648 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 866.765 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 828.765 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1599.235 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3676925 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.631 \text{ MPa} \\
fvcl2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.640 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 17.310 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 15.155 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4902566 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.203 \text{ MPa} \\
fc1t &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.221 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 14.209 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 12.829 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 10.665 \text{ MPa} < ua = 110 \text{ MPa} \text{ O.K.}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 0.013 \text{ MPa} < 1.2 ua = 132 \text{ MPa} \text{ O.K.}$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+sv)/Aw+(Mst/(2F Tw)+(Msct+Mwt/2+Mvt)/(2FvTw))= 10.671 \text{ MPa} < 1.25 ua = 137.5 \text{ MPa} \text{ O.K.}$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$fta = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $fca = 190 - 3.9 (b / (tu \cdot i \cdot n) - 24) = 177.975$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad \text{mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 299.929 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 12.0$ mm

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$f_{ca} = 0.4$ $f_{ck} = 10.800$ MPa

(fck = 27 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	59.761	-57.405	177.975	190.000
1+2+3	2.511	1.675	10.800	10.800	72.142	-109.970	177.975	190.000
1+2+3+5	2.040	1.436	10.800	10.800	75.874	-106.662	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.409	-0.203	10.800	1.890	93.184	-91.507	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.795	-1.425	2.174	2.174	107.393	-78.678	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.612	1.018	12.420	12.420	78.975	-104.336	231.368	218.500
1+2+4	0.786	0.524	12.960	12.960	63.638	-73.867	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.550	1.701	13.500	13.500	72.336	-110.795	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.079	1.463	13.500	13.500	76.068	-107.486	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.448	-0.177	13.500	2.363	93.378	-92.332	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.755	-1.398	2.552	2.552	107.587	-79.503	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.652	1.044	14.580	14.580	79.169	-105.160	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2 = \left(\frac{107.393}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{10.665}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.215 + 0.009 = 0.225 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-109.970}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.665}{110.000}\right)^2 = 0.335 + 0.009 = 0.344 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/59.761)} = 1.783 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/107.587)} = 1.329 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.707 + 2.15 \times 1.803 + (-0.471) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 3.898 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.707 + 2.15 \times 1.803 + (1.203)$$

$$= 6.000 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.707 + 1.3 \times 0.079 + (-0.471) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 0.124 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.707 + 2.15 \times 1.803 + 1.3 (1/2 \times 0.079) + (-0.471) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 3.949 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (59.761 + 3.489) + 2.15 \times 8.892 + (3.732) + (17.31) + (14.209)$$

$$= 136.594 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (59.761 + 3.489) + 2.15 \times 8.892 + (14.209) \\ &= 115.552 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (59.761 + 3.489) + 1.3 \times 0.388 + (3.732) + (17.31) + (14.209) \\ &= 117.980 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (59.761 + 3.489) + 2.15 \times 8.892 + 1.3 (1/2 \times 0.388) + (3.732) + (17.31) + (14.209) \\ &= 136.846 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-57.405 + -14.813) + 2.15 \times -37.753 + (3.309) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -169.416 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-57.405 + -14.813) + 2.15 \times -37.753 + (-12.829) \\ &= -187.880 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

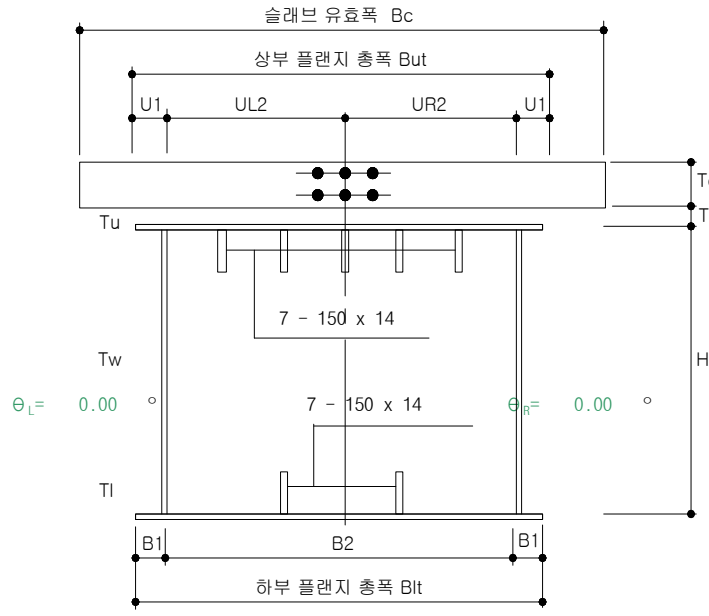
$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-57.405 + -14.813) + 1.3 \times -1.649 + (3.309) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -90.392 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-57.405 + -14.813) + 2.15 \times -37.753 + 1.3 (1/2 \times -1.649) + (3.309) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -170.488 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< 단 면 - 4 > : 절점 14 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
 Bc = 6.303 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Bit= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.018 m
 Tl = 0.018 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-7740.566
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1999.766
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-54.053
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-4969.377
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1374.946
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-414.772
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-60.157
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-819.443
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-181.889
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-208.763
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-292.292
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-872.377
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

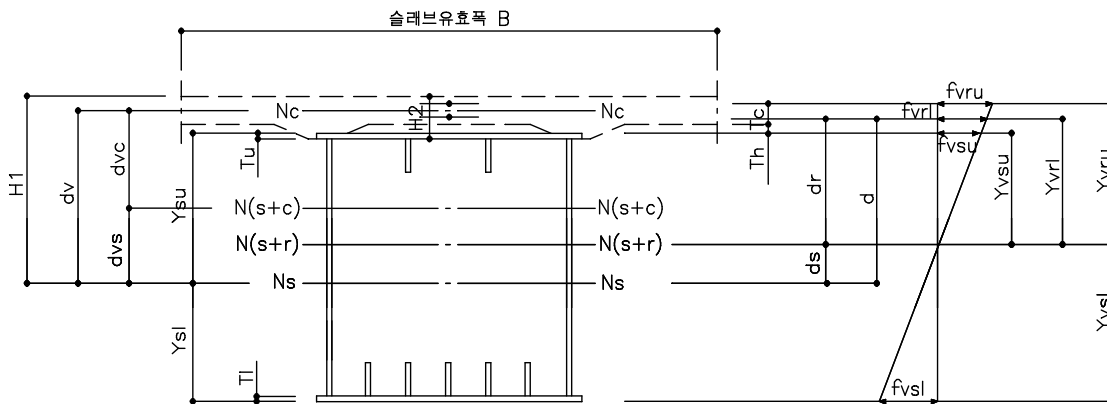
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	18.0	50400	1209.0	60933600	73668722400	1360800
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			187800		0	184546819800	27705846600
UPPER RE-BAR	-	-	24400	1440.0	35135381	50594948352	-
LOWER RE-BAR	-	-	24400	1290.0	31475445	40603324437	-
RE-BAR 합계			48799		66610826	184546819800	-
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 187800 mm² , Ac = 1575792 mm² , Ar = 48799 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 184546819800 + 27705846600 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 187800 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 212252666400 - 187800 \times 0.000^2 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 18.0 - 0.000 = 1218.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1218.000 - 2436.000 = -1218.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6315816 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -44.419 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 44.419 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.071 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 236599 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1083.465 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 281.535 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_r l / A_r = 1158.465 \text{ mm} \\
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1008.465 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 936.465 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1499.535 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 284423196852 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6356628.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -8.145 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -7.090 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -6.584 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 10.543 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 8.569 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -20.240 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -17.620 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -16.362 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 26.200 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.945 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -0.220 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -0.192 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -0.178 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 0.285 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.960 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 384774 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 671.108 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 703.892 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 286287 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 901.979 \text{ mm} \quad K = -0.231 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 473.021 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 395041040562 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -669173 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -669173 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -603580369 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -2.260 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -2.334 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.369 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$f_{vsl1} = P\phi / A_v + K \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.563 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 253458 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c / n2 + A_s) = 1018.808 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 356.192 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3722809 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot d_{c2} = 3792827154 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 12.166 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 12.628 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 12.850 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 20.354 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

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

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4963746 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot d_{vc} = 3331210317 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.355 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -6.949 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 18.446 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 25.037 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 53.585 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 36.600 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 55.065 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000$$

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

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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 213.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 674.840 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-44.419	44.419	190.000	190.000
1+2+3	-28.386	-24.710	160.000	-67.365	81.161	190.000	190.000
1+2+3+5	-30.646	-27.044	160.000	-69.734	77.598	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-18.480	-14.416	160.000	-56.884	97.952	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-25.835	-21.365	184.000	-38.438	122.989	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-11.125	-7.467	184.000	-75.330	72.915	218.500	218.500
1+2+4	-8.365	-7.282	200.000	-51.181	55.247	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-28.496	-24.806	200.000	-67.454	81.304	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-30.756	-27.140	200.000	-69.823	77.741	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-18.590	-14.512	200.000	-56.973	98.094	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-25.945	-21.461	216.000	-38.527	123.131	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-11.235	-7.563	216.000	-75.419	73.058	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-69.734}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.585}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.135 + 0.237 = 0.372 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{122.989}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{53.585}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.317 + 0.237 = 0.554 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/44.419)} = 2.068 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/123.131)} = 1.242 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -8.145 + 2.15 \times -20.24 + (-2.26) + (12.166) + (7.355) \\ &= -51.555 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -8.145 + 2.15 \times -20.24 + (7.355) \\ &= -61.460 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -8.145 + 1.3 \times -0.22 + (-2.26) + (12.166) + (7.355) \\ &= -8.324 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -8.145 + 2.15 \times -20.24 + 1.3 (1/2 \times -0.22) + (-2.26) + (12.166) + (7.355) \\ &= -51.698 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.419 + -6.584) + 2.15 \times -16.362 + (-2.369) + (12.85) + (18.446) \\ &= -109.447 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.419 + -6.584) + 2.15 \times -16.362 + (18.446) \\ &= -119.928 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.419 + -6.584) + 1.3 \times -0.178 + (-2.369) + (12.85) + (18.446) \\ &= -74.501 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.419 + -6.584) + 2.15 \times -16.362 + 1.3 (1/2 \times -0.178) + (-2.369) + (12.85) + (18.446) \\ &= -109.563 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.419 + 10.543) + 2.15 \times 26.2 + (-3.563) + (20.354) + (-25.037) \\ &= 169.607 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.419 + 10.543) + 2.15 \times 26.2 + (-25.037) \\ &= 152.816 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

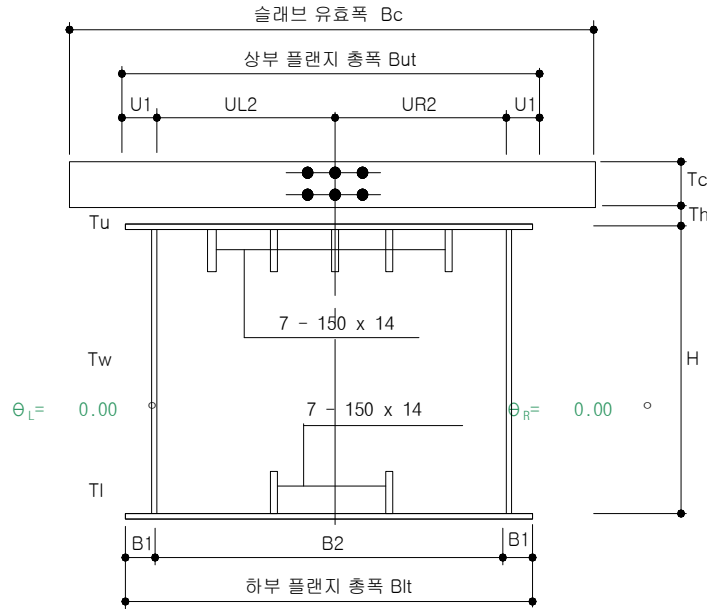
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.419 + 10.543) + 1.3 \times 0.285 + (-3.563) + (20.354) + (-25.037) \\ &= 113.648 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.419 + 10.543) + 2.15 \times 26.2 + 1.3 (1/2 \times 0.285) + (-3.563) + (20.354) + (-25.037) \\ &= 169.792 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< 단 면 - 5 > : 절점 13 로 부터 이격 거리 4.418 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 5.335 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-9575.758
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2562.217
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-153.550
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5511.350
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1532.043
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-475.284
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-95.316
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-891.406
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-74.243
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-76.727
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-245.931
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-971.184
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

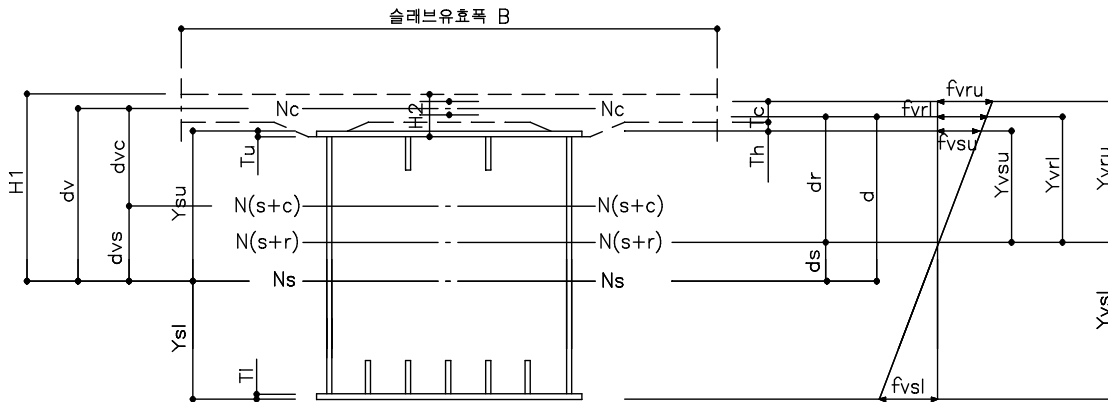
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	18.0	44617	-1209.0	-53941396	65215147313	1204647
강단면 합계			191105		18158931	189810118627	27707185105
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738189	42822991872	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26640461	34366194432	-
RE-BAR 합계			41303		56378650	189810118627	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

$$* A_s = 191105 \text{ mm}^2, A_c = 1333733 \text{ mm}^2, A_r = 41303 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합성 전

$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s =$	189810118627	+	27707185105	=	217517303732	mm ⁴
$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s =$	18158931	/	191105	=	95.021	mm
$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 =$	217517303732	-	191105	$\times$	95.021 ²	= 215791831642 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2400.0	/ 2	+	24.0	- 95.021	= 1128.979 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1128.979	-	2442.000	=	-1313.021	mm
$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) =$					6323652	mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s =$	-50.098					MPa
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s =$	58.265					MPa
$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$					27.087	MPa

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 232408 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1269.979 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1044.282 \text{ mm} \\ d_s &= d - d_r = 225.698 \text{ mm} \\ Y_{vu} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1119.282 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 969.282 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 903.282 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1538.718 \quad \text{mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 270568598401 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6364464.5 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -10.599 \quad \text{MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -9.179 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -8.554 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.571 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 8.754 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -22.799 \quad \text{MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -19.744 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -18.399 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 31.343 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.834 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -0.635 \quad \text{MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -0.550 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -0.513 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 0.873 \quad \text{MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.265 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 357822 \quad \text{mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1279.979 \quad \text{mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 683.610 \quad \text{mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 596.369 \quad \text{mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 274464 \quad \text{mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 891.232 \quad \text{mm} \quad K = -0.240 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 388.747 \quad \text{mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 362538433279 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -805470 \quad \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -805470 \quad \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -717861098 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.753 \quad \text{MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.849 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.891 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -4.446 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 246677 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 991.622 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 288.357 \text{ mm} \\
 P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3150945 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3124545805 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{vru2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 10.456 \text{ MPa} \\
 f_{vrl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 10.871 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 11.054 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 17.822 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4201259 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2872024916 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 f_{rut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.974 \text{ MPa} \\
 f_{rlt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.592 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 15.776 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 21.997 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 57.675 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 39.106 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 59.307 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 213.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 674.840 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-50.098	58.265	190.000	190.000
1+2+3	-33.399	-28.923	160.000	-77.052	104.179	190.000	190.000
1+2+3+5	-36.152	-31.771	160.000	-79.942	99.734	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-25.696	-20.900	160.000	-68.888	117.556	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-35.670	-30.492	184.000	-53.112	139.553	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-15.722	-11.308	184.000	-84.664	95.559	218.500	218.500
1+2+4	-11.235	-9.729	200.000	-59.165	73.710	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-33.716	-29.198	200.000	-77.308	104.616	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-36.469	-32.046	200.000	-80.199	100.171	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-26.014	-21.175	200.000	-69.144	117.993	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-35.988	-30.767	216.000	-53.368	139.990	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-16.039	-11.583	216.000	-84.920	95.996	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-79.942}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{57.675}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.177 + 0.275 = 0.452 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{139.553}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{57.675}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.408 + 0.275 = 0.683 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/58.265)} = 1.806 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.165) = 9.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/139.99)} = 1.165 < 1.2 \Rightarrow 1.165$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.599 + 2.15 \times -22.799 + (-2.753) + (10.456) + (9.974)$$

$$= -65.069 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.599 + 2.15 \times -22.799 + (9.974)$$

$$= -72.772 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.599 + 1.3 \times -0.635 + (-2.753) + (10.456) + (9.974)$$

$$= -16.877 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -10.599 + 2.15 \times -22.799 + 1.3 (1/2 \times -0.635) + (-2.753) + (10.456) + (9.974) \\ &= -65.482 \quad \text{MPa} < f_y = 400.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-50.098 + -8.554) + 2.15 \times -18.399 + (-2.891) + (11.054) + (15.776) \\ &= -123.419 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-50.098 + -8.554) + 2.15 \times -18.399 + (15.776) \\ &= -131.583 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-50.098 + -8.554) + 1.3 \times -0.513 + (-2.891) + (11.054) + (15.776) \\ &= -84.527 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-50.098 + -8.554) + 2.15 \times -18.399 + 1.3 (1/2 \times -0.513) + (-2.891) + (11.054) + (15.776) \\ &= -123.752 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (58.265 + 14.571) + 2.15 \times 31.343 + (-4.446) + (17.822) + (-21.997) \\ &= 197.449 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (58.265 + 14.571) + 2.15 \times 31.343 + (-21.997) \\ &= 184.072 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

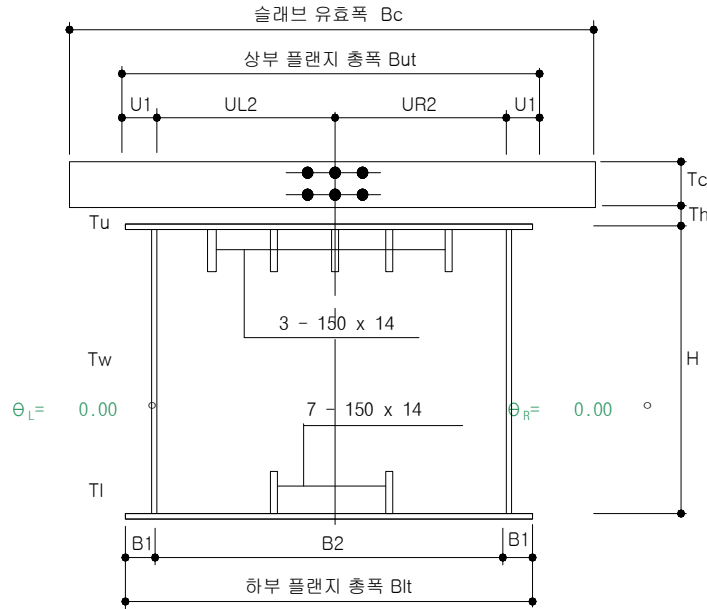
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (58.265 + 14.571) + 1.3 \times 0.873 + (-4.446) + (17.822) + (-21.997) \\ &= 131.197 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (58.265 + 14.571) + 2.15 \times 31.343 + 1.3 (1/2 \times 0.873) + (-4.446) + (17.822) + (-21.997) \\ &= 198.016 \quad \text{MPa} < f_y = 320.0 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< 단 면 - 6 > : 절점 12 로 부터 이격 거리 2.946 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 5.335 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.032 m
 Tl = 0.024 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-18152.940
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-5220.494
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-756.474
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-8688.800
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1958.240
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-622.231
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-197.235
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-1099.393
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	52.403
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	15.977
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	104.292
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	969.004
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

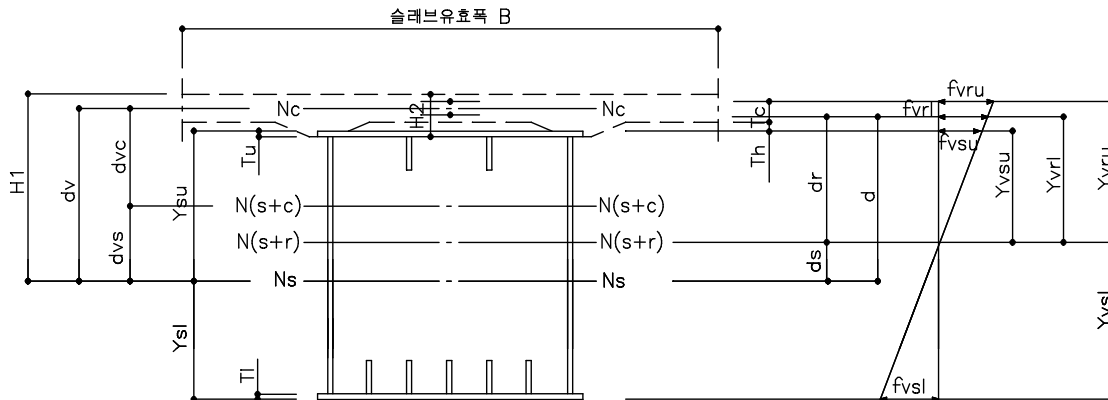
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	32.0	79318	1216.0	96451042	117284467666	6768494
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			217407		14900715	231248188980	27696998953
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738189	42822991872	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26640461	34366194432	-
RE-BAR 합계			41303		56378650	231248188980	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

* $A_s = 217407 \text{ mm}^2$, $A_c = 1333733 \text{ mm}^2$, $A_r = 41303 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 231248188980 + 27696998953 = 258945187932 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 14900715 / 217407 = 68.538 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 258945187932 - 217407 \times 68.538^2 = 257923917633 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 32.0 - 68.538 = 1163.462 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1163.462 - 2456.000 = -1292.538 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6341936 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -81.886 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 90.970 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 34.342 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 258710 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1296.462 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1089.482 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 206.980 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1164.482 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1014.482 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 956.482 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1499.518 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 316263271866 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6382748.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -19.222 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -16.746 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.788 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 24.752 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.907 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -31.992 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -27.871 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -26.278 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 41.197 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 25.412 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.785 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.427 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -2.288 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 3.587 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.105 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 384124 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1306.462 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 739.434 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 567.028 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 300765 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 944.371 \text{ mm} \quad K = -0.274 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 362.091 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 419847447114 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1532845 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1532845 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -1447573557 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -4.465 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -4.653 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -4.725 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -7.806 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 272979 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1040.496 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 265.965 \text{ mm} \\
 P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3150945 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3278546727 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{vru2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 8.872 \text{ MPa} \\
 f_{vrl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 9.298 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 9.463 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 16.439 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4201259 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3106552229 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 f_{rut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.095 \text{ MPa} \\
 f_{rlt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.691 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 13.665 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 20.275 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 70.661 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 49.353 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 72.713 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 24.000 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$

$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-81.886	90.970	190.000	190.000
1+2+3	-51.214	-44.617	160.000	-123.952	156.919	190.000	190.000
1+2+3+5	-55.679	-49.270	160.000	-128.677	149.114	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-46.807	-39.972	160.000	-119.215	165.552	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-58.902	-51.663	184.000	-105.550	185.827	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-34.712	-28.281	184.000	-132.879	145.277	218.500	218.500
1+2+4	-22.007	-19.172	200.000	-99.962	119.309	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-52.607	-45.830	200.000	-125.096	158.712	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-57.071	-50.483	200.000	-129.821	150.907	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-48.199	-41.185	200.000	-120.358	167.346	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-60.294	-52.876	216.000	-106.693	187.621	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-36.105	-29.494	216.000	-134.023	147.071	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-128.677}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{70.661}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.459 + 0.413 = 0.871 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{165.552}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{70.661}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.759 + 0.413 = 1.172 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$\begin{aligned} t_{min} &= \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad 0.K. \\ t_{min} &= b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad 0.K. \\ t_{min} &= 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t_{min} &= \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \\ t_{min} &= b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \end{aligned}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/90.97)} = 1.445 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.006) = 10.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/187.621)} = 1.006 < 1.2 \Rightarrow 1.006$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -19.222 + 2.15 \times -31.992 + (-4.465) + (8.872) + (12.095) \\ &= -101.459 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -19.222 + 2.15 \times -31.992 + (12.095) \\ &= -105.866 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -19.222 + 1.3 \times -2.785 + (-4.465) + (8.872) + (12.095) \\ &= -36.297 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -19.222 + 2.15 \times -31.992 + 1.3 (1/2 \times -2.785) + (-4.465) + (8.872) + (12.095) \\ &= -103.270 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-81.886 + -15.788) + 2.15 \times -26.278 + (-4.725) + (9.463) + (13.665) \\ &= -192.401 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-81.886 + -15.788) + 2.15 \times -26.278 + (13.665) \\ &= -197.138 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-81.886 + -15.788) + 1.3 \times -2.288 + (-4.725) + (9.463) + (13.665) \\ &= -138.878 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-81.886 + -15.788) + 2.15 \times -26.278 + 1.3 (1/2 \times -2.288) + (-4.725) + (9.463) + (13.665) \\ &= -193.888 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (90.97 + 24.752) + 2.15 \times 41.197 + (-7.806) + (16.439) + (-20.275) \\ &= 267.920 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (90.97 + 24.752) + 2.15 \times 41.197 + (-20.275) \\ &= 259.287 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (90.97 + 24.752) + 1.3 \times 3.587 + (-7.806) + (16.439) + (-20.275) \\ &= 184.010 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (90.97 + 24.752) + 2.15 \times 41.197 + 1.3 (1/2 \times 3.587) + (-7.806) + (16.439) + (-20.275) \\ &= 270.252 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 5.335 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.032 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.014 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

Structural drawing of a reinforced concrete slab and column joint. The drawing shows a cross-section of a slab with reinforcement bars (3 - 150 x 14 and 7 - 150 x 14) and a column. Dimensions include slab width Bc, slab thickness H, and reinforcement spacing. Labels include '슬래브 유효폭 Bc', '상부 플랜지 총폭 But', '하부 플랜지 총폭 Blt', 'B1', 'B2', 'U1', 'UL2', 'UR2', 'Tw', 'Tl', 'Tc', 'Th', and 'Theta_L = 0.00'.

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-24230.213
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-7139.419
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-1366.626
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-11390.934
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	2477.231
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	765.715
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	215.476
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	1172.049
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	194.710
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	162.794
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	179.308
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	1043.900
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

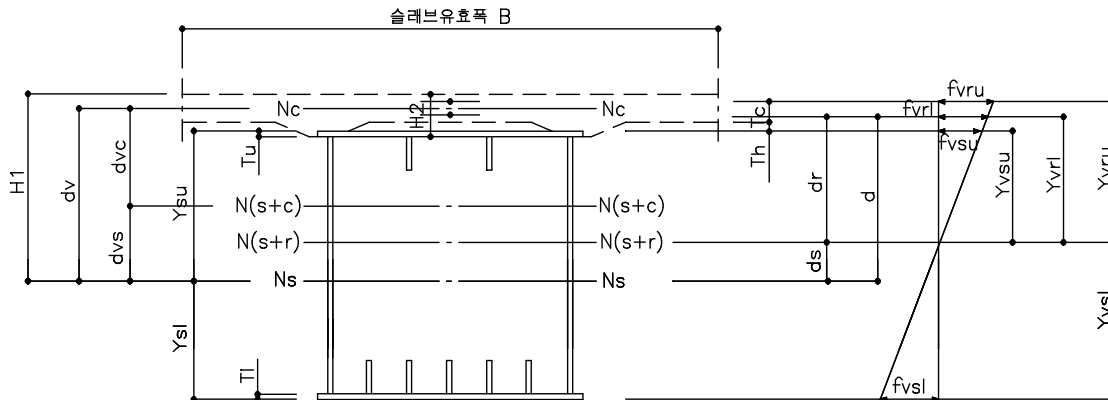
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	32.0	79318	1216.0	96451042	117284467666	6768494
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.0	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.0	0	0	16128000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	32.0	79318	-1216.0	-96451042	117284467666	6768494
강단면 합계			246837		-9450000	261147060332	32308911988
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738189	42822991872	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26640461	34366194432	-
RE-BAR 합계			41303		56378650	261147060332	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

* $A_s = 246837 \text{ mm}^2$, $A_c = 1333733 \text{ mm}^2$, $A_r = 41303 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 261147060332 + 32308911988 = 293455972320 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 246837 = -38.284 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 293455972320 - 246837 \times (-38.284)^2 = 293094184376 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 32.0 - (-38.284) = 1270.284 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1270.284 - 2464.000 = -1193.716 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6357248 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -105.015 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 98.685 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 37.957 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 288140 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1403.284 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1202.132 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 201.152 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1277.132 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1127.132 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1069.132 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1394.868 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 362769665859 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6398091.8 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.134 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.182 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.041 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 27.451 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.303 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -40.102 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -35.392 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -33.571 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 43.799 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 23.268 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -4.811 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -4.246 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -4.028 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 5.255 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.207 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 413553 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1413.284 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 843.544 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 569.741 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 330195 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1056.498 \text{ mm} \quad K = -0.294 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 356.786 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 492716658381 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -2037756 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -2037756 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -2152885869 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -4.844 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -5.106 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -5.207 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -9.506 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 302409 \text{ mm}^2 \\d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1153.572 \text{ mm} \\d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 259.713 \text{ mm} \\P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3150945 \text{ N} \\M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3634841202 \text{ N} \cdot \text{mm} \\f_{vru2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 7.173 \text{ MPa} \\f_{vrl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 7.615 \text{ MPa} \\f_{vsu2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 7.786 \text{ MPa} \\f_{vsl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 15.044 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4201259 \text{ N} \\M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3543946745 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\f_{rut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -14.287 \text{ MPa} \\f_{rlt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.857 \text{ MPa} \\f_{sut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 11.510 \text{ MPa} \\f_{slt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 18.587 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 73.529 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 54.468 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 75.633 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\&= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 243.991$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 2132.828 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 32.000 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$

$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-105.015	98.685	190.000	190.000
1+2+3	-65.236	-57.574	160.000	-159.626	169.935	190.000	190.000
1+2+3+5	-70.080	-62.680	160.000	-164.833	160.429	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-62.907	-55.065	160.000	-157.047	175.474	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-77.194	-68.921	184.000	-145.537	194.061	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-48.619	-41.208	184.000	-168.557	156.887	218.500	218.500
1+2+4	-29.946	-26.428	200.000	-130.083	131.391	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-67.642	-59.697	200.000	-161.640	172.562	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-72.486	-64.803	200.000	-166.847	163.057	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-65.312	-57.188	200.000	-159.061	178.101	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-79.600	-71.044	216.000	-147.551	196.688	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-51.025	-43.331	216.000	-170.571	159.514	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-164.833}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{73.529}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.753 + 0.447 = 1.199 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{175.474}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{73.529}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.853 + 0.447 = 1.300 > 1.2 \quad \text{N.G.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/98.685)} = 1.388 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{\min} = b / (220 \times 0.983) = 11.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/196.688)} = 0.983 < 1.2 \Rightarrow 0.983$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -25.134 + 2.15 \times -40.102 + (-4.844) + (7.173) + (14.287) \\ &= -130.852 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -25.134 + 2.15 \times -40.102 + (14.287) \\ &= -133.181 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -25.134 + 1.3 \times -4.811 + (-4.844) + (7.173) + (14.287) \\ &= -50.887 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -25.134 + 2.15 \times -40.102 + 1.3 (1/2 \times -4.811) + (-4.844) + (7.173) + (14.287) \\ &= -133.979 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-105.015 + -21.041) + 2.15 \times -33.571 + (-5.207) + (7.786) + (11.51) \\ &= -244.980 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-105.015 + -21.041) + 2.15 \times -33.571 + (11.51) \\ &= -247.559 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-105.015 + -21.041) + 1.3 \times -4.028 + (-5.207) + (7.786) + (11.51) \\ &= -178.039 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-105.015 + -21.041) + 2.15 \times -33.571 + 1.3 (1/2 \times -4.028) + (-5.207) + (7.786) + (11.51) \\ &= -247.598 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (98.685 + 27.451) + 2.15 \times 43.799 + (-9.506) + (15.044) + (-18.587) \\ &= 282.270 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (98.685 + 27.451) + 2.15 \times 43.799 + (-18.587) \\ &= 276.731 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (98.685 + 27.451) + 1.3 \times 5.255 + (-9.506) + (15.044) + (-18.587) \\ &= 194.934 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

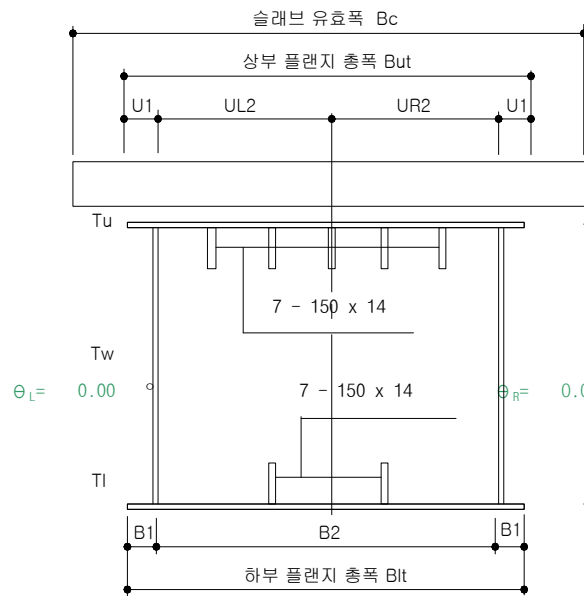
$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (98.685 + 27.451) + 2.15 \times 43.799 + 1.3 (1/2 \times 5.255) + (-9.506) + (15.044) + (-18.587) \\ &= 285.686 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

☐ 절점 사이의 단면 검토

< 단 면 - 9 > : 절점 48 로 부터 이격 거리 2.525 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
 Bc = 6.303 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 Tl = 0.018 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4992.806
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1716.130
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	214.131
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6201.691
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1161.918
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-338.919
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-17.774
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-639.832
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-317.824
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-234.435
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-341.441
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-917.148

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

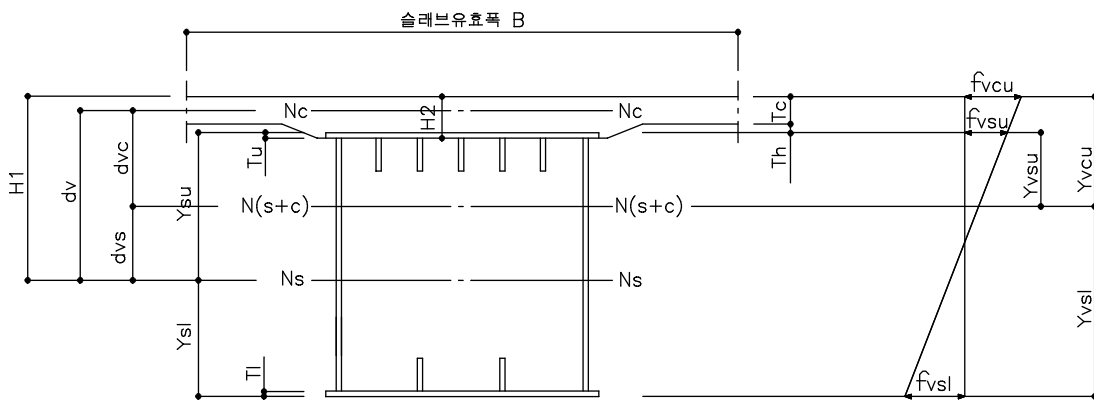
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700.0	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			171000.0		-20412000	159747147000	27704889000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 171000.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 159747147000 + 27704889000 = 187452036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -20412000 / 171000 = -119.368 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 187452036000 - 171000 \times (-119.368)^2 = 185015487789 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-119.368) = 1331.368 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1331.368 - 2430.000 = -1098.632 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 35.928 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -29.648 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 22.272 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 367974 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1494.368 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 694.443 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 799.925 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 819.443 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 569.443 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 531.443 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1898.557 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 390451932538 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.450 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.313 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.336 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -8.345 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 7.423 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.627 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.131 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.441 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -30.155 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 17.127 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.056 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.039 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.291 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.041 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.549 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 269487 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 948.235 \text{ mm} \quad K = 0.110 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = 546.134 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c/2 = 1073.235 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 823.235 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 785.235 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1644.765 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c/n_1 \cdot dc_1^2 = 325085758852 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 601213 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 601213 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot dc_1 = 570090953 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.450 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.313 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.298 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.163 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.382 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.914 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 236658 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1079.773 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 414.595 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1204.773 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 954.773 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 916.773 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1513.227 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 291301853260 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 4019790037 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.631 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.647 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 17.122 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 13.434 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온 도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3447038557 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.214 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.245 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.005 \text{ MPa} \\
 fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 11.646 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전 단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw)) = 46.822 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mwt)/(2 FvTw)) = 32.244 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw/2 + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mwt/2 + Mvt)/(2 FvTw)) = 48.096 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	35.928	-29.648	177.975	190.000
1+2+3	2.077	1.443	10.800	10.800	46.705	-68.148	177.975	190.000
1+2+3+5	1.779	1.280	10.800	10.800	49.088	-66.234	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.148	-0.367	10.800	1.890	66.210	-52.800	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.066	-1.611	2.174	2.174	80.215	-41.155	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.363	0.878	12.420	12.420	52.204	-64.446	231.368	218.500
1+2+4	0.506	0.352	12.960	12.960	38.555	-39.033	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.105	1.463	13.500	13.500	46.851	-68.668	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	1.807	1.299	13.500	13.500	49.233	-66.755	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.177	-0.347	13.500	2.363	66.356	-53.321	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-1.038	-1.592	2.552	2.552	80.361	-41.675	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.391	0.897	14.580	14.580	52.350	-64.966	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 참조 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{80.215}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{46.822}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.120 + 0.181 = 0.301 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-68.148}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{46.822}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.129 + 0.181 = 0.310 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/35.928)} = 2.300 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/80.361)} = 1.538 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

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

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ + (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ + 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ \text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토}$$

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.45 + 2.15 \times 1.627 + (-0.298) + (-1.631) + (1.214) \\ &= 3.369 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.45 + 2.15 \times 1.627 + (1.214) \\ &= 5.298 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.45 + 1.3 \times 0.056 + (-0.298) + (-1.631) + (1.214) \\ &= -0.056 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 0.45 + 2.15 \times 1.627 + 1.3 (1/2 \times 0.056) + (-0.298) + (-1.631) + (1.214) \\ &= 3.405 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (35.928 + 2.336) + 2.15 \times 8.441 + (2.382) + (17.122) + (14.005) \\ &= 101.402 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (35.928 + 2.336) + 2.15 \times 8.441 + (14.005) \\ &= 81.897 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (35.928 + 2.336) + 1.3 \times 0.291 + (2.382) + (17.122) + (14.005) \\ &= 83.632 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (35.928 + 2.336) + 2.15 \times 8.441 + 1.3 (1/2 \times 0.291) + (2.382) + (17.122) + (14.005) \\ &= 101.591 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-29.648 + -8.345) + 2.15 \times -30.155 + (1.914) + (13.434) + (-11.646) \\ &= -110.522 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-29.648 + -8.345) + 2.15 \times -30.155 + (-11.646) \\ &= -125.870 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

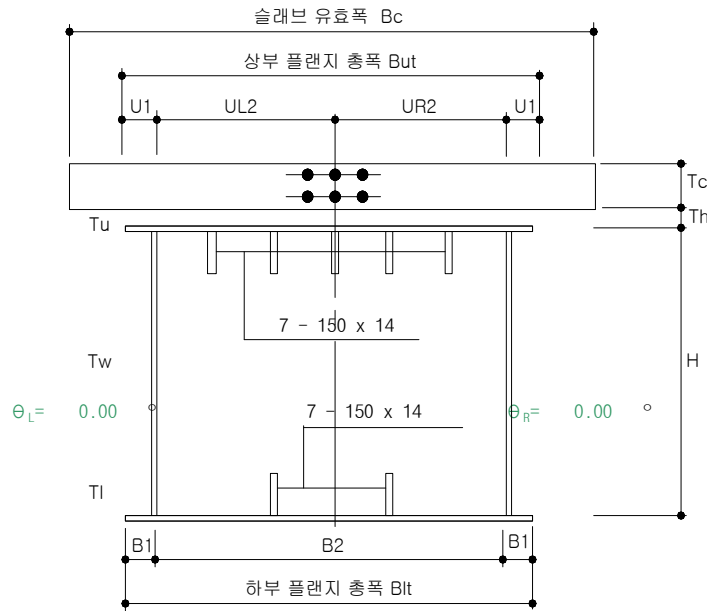
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-29.648 + -8.345) + 1.3 \times -1.041 + (1.914) + (13.434) + (-11.646) \\ &= -47.042 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-29.648 + -8.345) + 2.15 \times -30.155 + 1.3 (1/2 \times -1.041) + (1.914) + (13.434) + (-11.646) \\ &= -111.199 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< 단 면 - 10 > : 절점 13 로 부터 이격 거리 2.525 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 5.335 m
 UL2 = 1.300 , UR2 = 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But = 2.800 , Blt = 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue = 2.479 , Ble = 2.479 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.024 m
 Tl = 0.024 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-12585.859
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3494.378
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-344.955
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6512.089
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1662.422
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-513.617
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-108.309
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-937.777
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-94.871
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-122.397
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-245.931
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-963.897
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

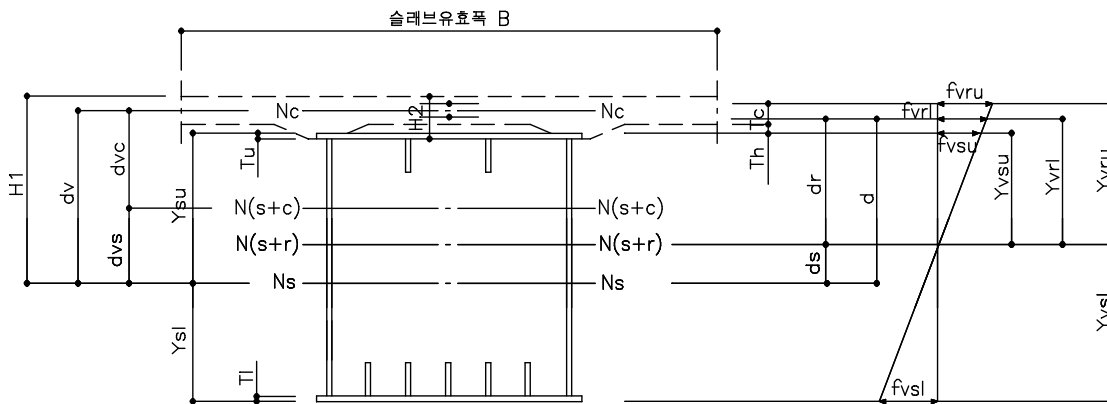
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			205977		0	211980567628	27708835917
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738189	42822991872	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26640461	34366194432	-
RE-BAR 합계			41303		56378650	211980567628	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

* As = 205977 mm² , Ac = 1333733 mm² , Ar = 41303 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 211980567628 + 27708835917 = 239689403545 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 205977 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 239689403545 - 205977 \times 0.000^2 = 239689403545 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 0.000 = 1224.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1224.000 - 2448.000 = -1224.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -64.271 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 64.271 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 29.486 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 247280 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1137.005 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 227.995 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1212.005 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1062.005 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 996.005 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1451.995 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 303792224355 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -13.941 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -12.216 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -11.457 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.702 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.717 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.981 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.765 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.350 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 31.125 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 22.583 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.376 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.206 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -1.131 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 1.649 \text{ MPa} \\u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.488 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 372694 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1375.000 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 759.923 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 615.077 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 289336 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 978.859 \text{ mm} \quad K = -0.253 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 396.141 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 414759066295 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1067389 \text{ N} \\P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1067389 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1044823765 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.262 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.392 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.450 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.580 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
Av2 &= As + Ac/n2 = 261550 \text{ mm}^2 \\
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1082.850 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 292.150 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3150945 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3411999534 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru / Irv = 9.298 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl / Irv = 9.725 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu / Irv = 9.912 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl / Irv = 16.868 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4201259 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3192635594 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru / Irv - Es \cdot \epsilon t = -11.433 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl / Irv - Es \cdot \epsilon t = -11.034 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu / Irv = 14.342 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl / Irv = 20.850 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 61.787 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 42.692 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 63.531 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000$$

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

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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-64.271	64.271	190.000	190.000
1+2+3	-39.922	-34.981	160.000	-97.078	112.098	190.000	190.000
1+2+3+5	-43.184	-38.373	160.000	-100.528	106.518	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-33.885	-28.649	160.000	-90.616	123.386	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-45.318	-39.682	184.000	-76.274	144.236	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-22.452	-17.615	184.000	-104.957	102.535	218.500	218.500
1+2+4	-15.317	-13.422	200.000	-76.859	82.621	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-40.610	-35.584	200.000	-97.643	112.922	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-43.872	-38.976	200.000	-101.093	107.342	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-34.573	-29.252	200.000	-91.181	124.210	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-46.006	-40.285	216.000	-76.839	145.061	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-23.141	-18.218	216.000	-105.523	103.360	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-100.528}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.787}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.280 + 0.316 = 0.595 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{144.236}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{61.787}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.436 + 0.316 = 0.751 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/64.271)} = 1.719 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.144) = 9.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/145.061)} = 1.144 < 1.2 \Rightarrow 1.144$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.941 + 2.15 \times -25.981 + (-3.262) + (9.298) + (11.433)$$

$$= -79.378 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.941 + 2.15 \times -25.981 + (11.433)$$

$$= -85.414 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.941 + 1.3 \times -1.376 + (-3.262) + (9.298) + (11.433)$$

$$= -25.309 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.941 + 2.15 \times -25.981 + 1.3 (1/2 \times -1.376) + (-3.262) + (9.298) + (11.433)$$

$$= -80.272 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (-64.271 + -11.457) + 2.15 \times -21.35 + (-3.45) + (9.912) + (14.342)$$

$$= -152.228 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-64.271 + -11.457) + 2.15 \times -21.35 + (14.342)$$

$$= -158.691 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (-64.271 + -11.457) + 1.3 \times -1.131 + (-3.45) + (9.912) + (14.342)$$

$$= -107.795 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-64.271 + -11.457) + 2.15 \times -21.35 + 1.3 (1/2 \times -1.131) + (-3.45) + (9.912) + (14.342)$$

$$= -152.964 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.271 + 16.702) + 2.15 \times 31.125 + (-5.58) + (16.868) + (-20.85)$$

$$= 204.322 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.271 + 16.702) + 2.15 \times 31.125 + (-20.85)$$

$$= 193.034 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.271 + 16.702) + 1.3 \times 1.649 + (-5.58) + (16.868) + (-20.85)$$

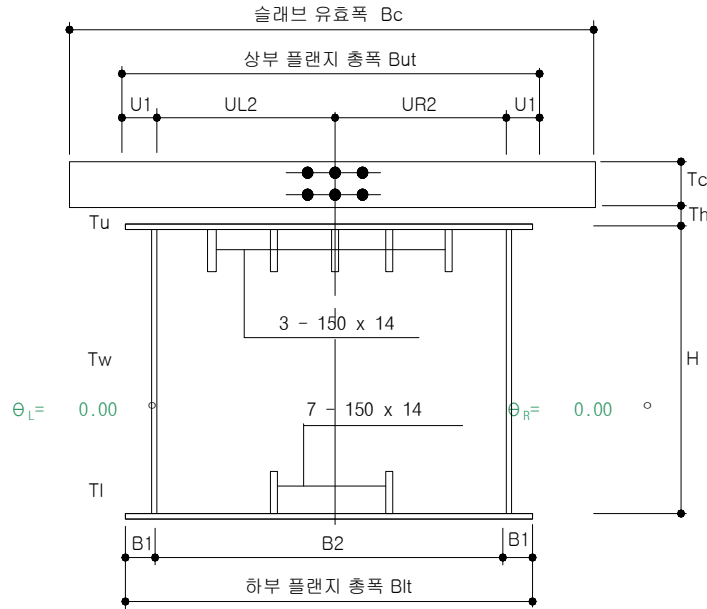
$$= 139.547 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.271 + 16.702) + 2.15 \times 31.125 + 1.3 (1/2 \times 1.649) + (-5.58) + (16.868) + (-20.85)$$

$$= 205.394 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

< 단 면 - 11 > : 절점 13 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 5.335 m
 UL2 = 1.300 , UR2 = 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But = 2.800 , Blt = 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue = 2.479 , Ble = 2.479 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.024 m
 Tl = 0.024 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-15872.995
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4507.184
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-563.693
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-7756.256
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1795.413
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-551.951
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-121.301
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-986.016
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-115.500
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-168.068
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-245.931
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-956.610
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

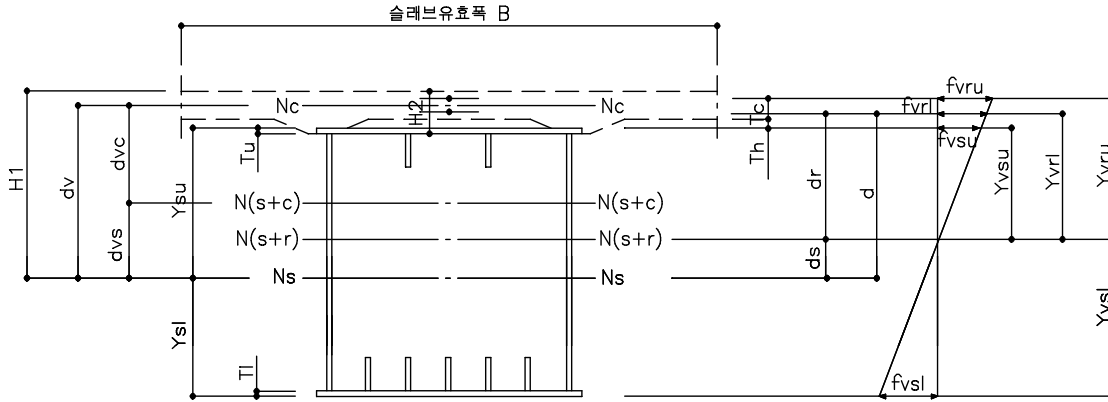
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738189	42822991872	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26640461	34366194432	-
RE-BAR 합계			41303		56378650	201349317628	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

$$* A_s = 197577 \text{ mm}^2, A_c = 1333733 \text{ mm}^2, A_r = 41303 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y^2 + \sum Is =$	201349317628	+	27693085917	=	229042403545	mm ⁴
$\delta s = \sum (A \cdot Y) / As =$	-9450000	/	197577	=	-47.829	mm
$Is = Is' - As \cdot \delta s^2 =$	229042403545	-	197577	$\times$	-47.829 ²	= 228590416206 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2400.0	/ 2	+	24.0	-	-47.829 = 1271.829 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1271.829	-	2448.000	=	-1176.171	mm
$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) =$					6331488	mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / Is =$	-88.314					MPa
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / Is =$	81.672					MPa
$u = S_s / A(Weib) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$					31.930	MPa

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 238880 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.548 \text{ mm} \\ d_s &= d - d_r = 244.282 \text{ mm} \\ Y_{vu} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.548 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.548 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.548 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.452 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 296780013124 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -18.886 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -16.608 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.605 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 21.572 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.681 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -32.500 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -28.580 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -26.855 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 37.123 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 23.373 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.362 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.077 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -1.952 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 2.698 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.714 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364294 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.681 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.148 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 280936 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.652 \text{ mm} \quad K = -0.265 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.177 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412508768445 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1405689 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1405689 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -1406605300 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -4.323 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -4.511 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -4.594 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -7.669 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 253150 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1110.485 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 312.344 \text{ mm} \\
 P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3150945 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3499077721 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{vru2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 9.305 \text{ MPa} \\
 f_{vrl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 9.774 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 9.980 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 17.629 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4201259 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3242033856 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 f_{rut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.213 \text{ MPa} \\
 f_{rlt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.778 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 14.613 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 21.699 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 65.985 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 46.326 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 67.842 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 24.000 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (㉞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$

$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-88.314	81.672	190.000	190.000
1+2+3	-51.385	-45.187	160.000	-130.774	140.367	190.000	190.000
1+2+3+5	-55.708	-49.698	160.000	-135.368	132.699	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-46.403	-39.924	160.000	-125.388	150.327	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-57.616	-50.703	184.000	-110.775	172.026	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-35.190	-29.146	184.000	-140.001	128.628	218.500	218.500
1+2+4	-21.248	-18.685	200.000	-105.871	105.942	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-52.566	-46.226	200.000	-131.750	141.716	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-56.889	-50.737	200.000	-136.344	134.047	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-47.584	-40.963	200.000	-126.364	151.676	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-58.797	-51.741	216.000	-111.751	173.375	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-36.371	-30.185	216.000	-140.976	129.977	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (㉞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (㉞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-135.368}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{65.985}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.508 + 0.360 = 0.867 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{150.327}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{65.985}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.626 + 0.360 = 0.986 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/81.672)} = 1.525 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.047) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/173.375)} = 1.047 < 1.2 \Rightarrow 1.047$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -18.886 + 2.15 \times -32.5 + (-4.323) + (9.305) + (11.213) \\ &= -100.656 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -18.886 + 2.15 \times -32.5 + (11.213) \\ &= -105.638 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -18.886 + 1.3 \times -2.362 + (-4.323) + (9.305) + (11.213) \\ &= -33.852 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -18.886 + 2.15 \times -32.5 + 1.3 (1/2 \times -2.362) + (-4.323) + (9.305) + (11.213) \\ &= -102.191 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-88.314 + -15.605) + 2.15 \times -26.855 + (-4.594) + (9.98) + (14.613) \\ &= -202.059 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-88.314 + -15.605) + 2.15 \times -26.855 + (14.613) \\ &= -207.445 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-88.314 + -15.605) + 1.3 \times -1.952 + (-4.594) + (9.98) + (14.613) \\ &= -146.859 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-88.314 + -15.605) + 2.15 \times -26.855 + 1.3 (1/2 \times -1.952) + (-4.594) + (9.98) + (14.613) \\ &= -203.328 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (81.672 + 21.572) + 2.15 \times 37.123 + (-7.669) + (17.629) + (-21.699) \\ &= 245.691 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (81.672 + 21.572) + 2.15 \times 37.123 + (-21.699) \\ &= 235.731 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (81.672 + 21.572) + 1.3 \times 2.698 + (-7.669) + (17.629) + (-21.699) \\ &= 169.384 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (81.672 + 21.572) + 2.15 \times 37.123 + 1.3 (1/2 \times 2.698) + (-7.669) + (17.629) + (-21.699) \\ &= 247.445 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

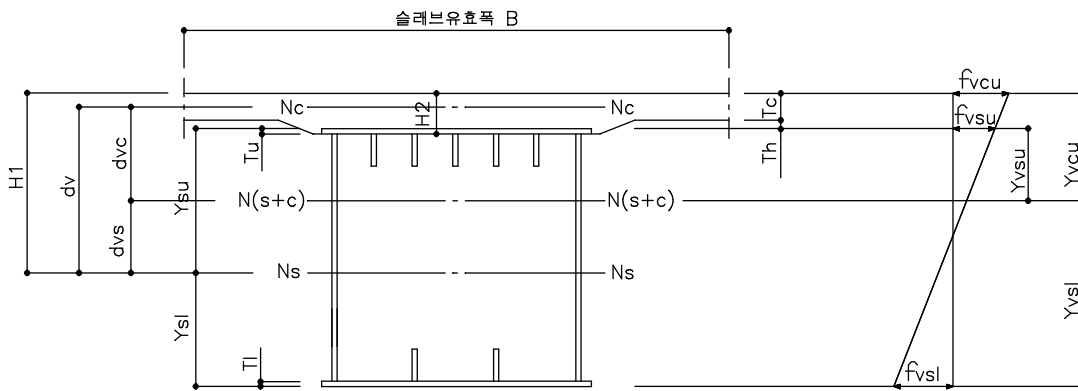
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* $A_s = 162600.0 \text{ mm}^2$, $A_c = 1575792.3 \text{ mm}^2$

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 88.625 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -79.700 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 11.282 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 652.263 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 790.154 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 777.263 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcI} &= Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 489.263 \text{ mm} \\
Y_{vsI} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 362412155939 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.006 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.683 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.068 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_{sc} \cdot Y_{vsI} / I_v = -20.104 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.114 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.651 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_v \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 1.120 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.313 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_v \cdot Y_{vsI} / I_v = -32.973 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.518 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.097 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_w \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.066 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.489 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_w \cdot Y_{vsI} / I_v = -1.941 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.394 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 261087 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 898.310 \text{ mm} \quad K = 0.693 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 544.107 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1023.310 \text{ mm} \\
Y_{v1cI} &= Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm} \\
Y_{v1sI} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304192253272 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1330894 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1330894 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 1195555215 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.006 \text{ MPa} \\
f_{cI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.683 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu1} &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / lv1) - Ec1 \cdot f_{cu} \cdot \phi 1 / Ec = & -0.514 & \text{MPa} \\
f_{vc11} &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / lv1) - Ec1 \cdot f_{cl} \cdot \phi 1 / Ec = & -0.232 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / lv1 & = & 7.100 \text{ MPa} \\
f_{vs11} &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / lv1 & = & 0.482 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
Av2 &= As + Ac/n2 = 228258 \text{ mm}^2 \\
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1027.508 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 414.909 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 902.508 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 864.508 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1565.492 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu / lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = & -1.218 & \text{MPa} \\
f_{vc12} &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl / lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = & -1.319 & \text{MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su / lv2 & = & 24.682 \text{ MPa} \\
f_{vs12} &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl / lv2 & = & 1.148 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu / lv) - Ec \cdot \epsilon t = & -0.673 & \text{MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl / lv) - Ec \cdot \epsilon t = & -0.866 & \text{MPa} \\
f_{sut} &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / lv & = & 16.834 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl / lv & = & 1.789 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 28.914 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 17.791 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 30.111 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 8)^2 + 0.130 \times (0.0 / 8) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	88.625	-79.700	177.975	190.000
1+2+3	2.657	1.803	10.800	10.800	102.006	-132.777	177.975	190.000
1+2+3+5	2.144	1.570	10.800	10.800	109.106	-132.296	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.926	0.251	10.800	10.800	133.788	-131.147	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	0.253	-0.615	12.420	2.174	150.621	-129.358	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.599	1.118	12.420	12.420	116.954	-132.937	231.368	218.500
1+2+4	1.104	0.749	12.960	12.960	94.182	-101.745	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.706	1.835	13.500	13.500	102.250	-133.748	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.192	1.603	13.500	13.500	109.350	-133.266	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.974	0.284	13.500	13.500	134.033	-132.118	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.301	-0.582	14.580	2.552	150.866	-130.328	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.647	1.151	14.580	14.580	117.199	-133.907	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{133.788}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{28.914}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.427 + 0.069 = 0.496 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-132.777}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{28.914}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.488 + 0.069 = 0.557 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/88.625)} = 1.464 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.122) = 4.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/150.866)} = 1.122 < 1.2 \Rightarrow 1.122$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 2.15 \times 1.651 + (-0.514) + (-1.218) + (0.673) \\ &= 3.799 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 2.15 \times 1.651 + (0.673) \\ &= 5.530 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 1.3 \times 0.097 + (-0.514) + (-1.218) + (0.673) \\ &= 0.376 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 2.15 \times 1.651 + 1.3 (1/2 \times 0.097) + (-0.514) + (-1.218) + (0.673) \\ &= 3.862 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.625 + 5.068) + 2.15 \times 8.313 + (7.1) + (24.682) + (16.834) \\ &= 188.289 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.625 + 5.068) + 2.15 \times 8.313 + (16.834) \\ &= 156.506 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.625 + 5.068) + 1.3 \times 0.489 + (7.1) + (24.682) + (16.834) \\ &= 171.053 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.625 + 5.068) + 2.15 \times 8.313 + 1.3 (1/2 \times 0.489) + (7.1) + (24.682) + (16.834) \\ &= 188.607 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.7 + -20.104) + 2.15 \times -32.973 + (0.482) + (1.148) + (-1.789) \\ &= -200.797 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.7 + -20.104) + 2.15 \times -32.973 + (-1.789) \\ &= -202.427 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.7 + -20.104) + 1.3 \times -1.941 + (0.482) + (1.148) + (-1.789) \\ &= -132.428 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.7 + -20.104) + 2.15 \times -32.973 + 1.3 (1/2 \times -1.941) + (0.482) + (1.148) + (-1.789) \\ &= -202.059 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 6.303 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	13647.355
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4196.056
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	293.877
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	7880.102
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	301.503
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	80.057
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	9.564
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	397.949
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	96.234
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	23.183
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	101.104
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	477.098

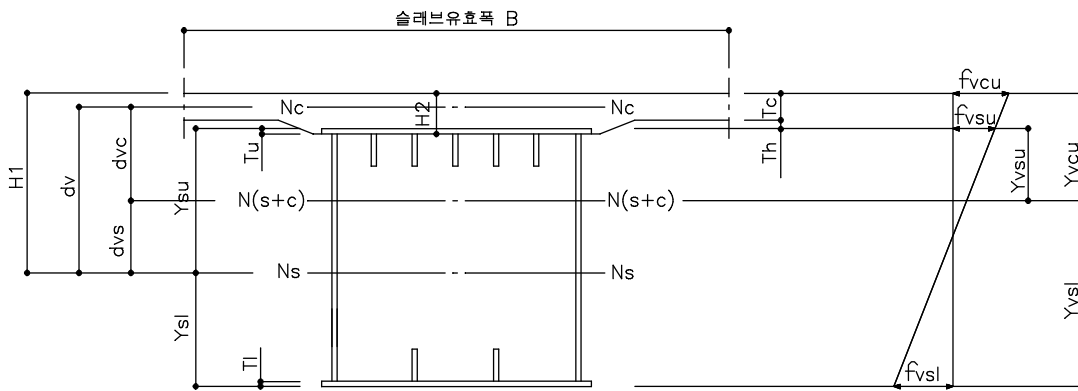
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 162600.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 99.171 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -89.185 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 5.870 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 652.263 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 790.154 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 777.263 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 489.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 362412155939 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.125 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.763 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.665 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -22.470 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.542 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.113 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.433 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 10.638 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -42.198 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.040 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.079 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.053 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.397 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.574 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.830 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 261087 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 898.310 \text{ mm} \quad K = 0.410$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 544.107 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 1023.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304192253272 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1487546 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1487546 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 1336277426 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.125 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.763 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.654 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.320 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.022 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.645 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi/2) = 8 \times (1 + 4.0/2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 228258 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1027.508 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 414.909 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 902.508 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 864.508 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1565.492 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.408 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.467 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 21.263 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 7.340 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.919 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.033 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.597 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvs1/Iv = 6.696 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 Fv Tw)) = 17.452 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 Fv Tw)) = 8.242 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 Fv Tw)) = 17.867 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_u \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	99.171	-89.185	177.975	190.000
1+2+3	3.237	2.196	10.800	10.800	115.474	-153.853	177.975	190.000
1+2+3+5	2.584	1.876	10.800	10.800	122.496	-151.208	204.671	190.000
1+2+3+5+6	1.176	0.409	10.800	10.800	143.759	-143.868	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	0.257	-0.624	12.420	2.174	159.356	-137.172	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	2.095	1.442	12.420	12.420	128.162	-150.564	231.368	218.500
1+2+4	1.204	0.817	12.960	12.960	105.233	-113.229	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	3.277	2.223	13.500	13.500	115.673	-154.640	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.623	1.903	13.500	13.500	122.694	-151.995	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.215	0.435	13.500	13.500	143.957	-144.655	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.297	-0.598	14.580	2.552	159.554	-137.959	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.134	1.468	14.580	14.580	128.361	-151.351	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{143.759}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{17.452}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.493 + 0.025 = 0.519 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-153.853}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{17.452}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.656 + 0.025 = 0.681 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/99.171)} = 1.384 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.091) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/159.554)} = 1.091 < 1.2 \Rightarrow 1.091$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 2.15 \times 2.113 + (-0.654) + (-1.408) + (0.919)$$

$$= 4.862 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 2.15 \times 2.113 + (0.919)$$

$$= 6.923 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 1.3 \times 0.079 + (-0.654) + (-1.408) + (0.919)$$

$$= 0.422 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 2.15 \times 2.113 + 1.3 (1/2 \times 0.079) + (-0.654) + (-1.408) + (0.919)$$

$$= 4.913 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.171 + 5.665) + 2.15 \times 10.638 + (7.022) + (21.263) + (15.597) \\ &= 203.040 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.171 + 5.665) + 2.15 \times 10.638 + (15.597) \\ &= 174.756 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.171 + 5.665) + 1.3 \times 0.397 + (7.022) + (21.263) + (15.597) \\ &= 180.684 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.171 + 5.665) + 2.15 \times 10.638 + 1.3 (1/2 \times 0.397) + (7.022) + (21.263) + (15.597) \\ &= 203.298 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.185 + -22.47) + 2.15 \times -42.198 + (2.645) + (7.34) + (-6.696) \\ &= -232.589 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.185 + -22.47) + 2.15 \times -42.198 + (-6.696) \\ &= -242.574 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

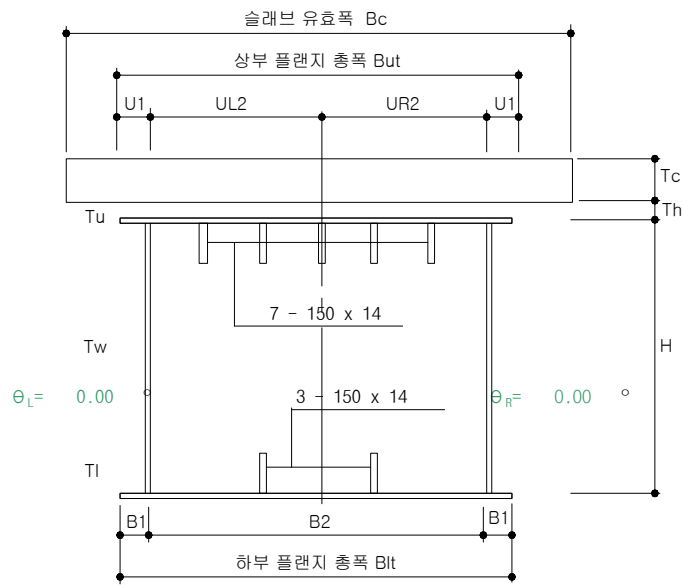
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.185 + -22.47) + 1.3 \times -1.574 + (2.645) + (7.34) + (-6.696) \\ &= -143.908 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.185 + -22.47) + 2.15 \times -42.198 + 1.3 (1/2 \times -1.574) + (2.645) + (7.34) + (-6.696) \\ &= -233.612 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 3 > : 절점 8 로 부터 이격 거리 1.894 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 6.303 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	5701.215
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1922.242
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	218.608
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6277.508
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1121.230
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	326.123
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	13.557
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	619.286
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	310.873
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	219.224
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	340.983
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	748.862

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

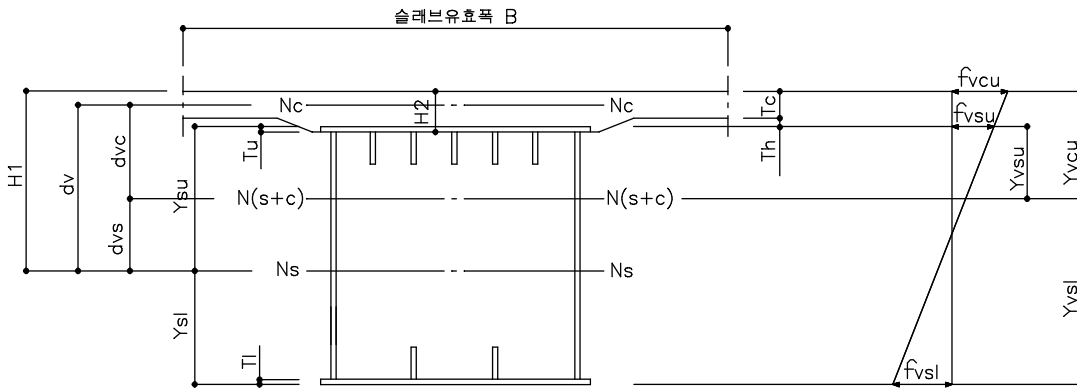
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 162600.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 41.429 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -37.257 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 21.519 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 652.263 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 790.154 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 777.263 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 489.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 362412155939 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.515 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.350 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.595 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -10.294 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 7.101 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.683 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.142 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.475 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -33.616 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.666 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.059 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.040 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.295 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.171 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.473 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 261087 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 898.310 \text{ mm} \quad K = 0.126$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 544.107 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 1023.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304192253272 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 681455 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 681455 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 612157843 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.515 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.350 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.336 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.174 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.797 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.180 \text{ MPa}$$

(6) 건조 수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 228258 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1027.508 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 414.909 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 902.508 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 864.508 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1565.492 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.598 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.617 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 17.832 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 13.553 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.165 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.200 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.355 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvs1/Iv = 11.620 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 44.286 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 31.093 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 45.523 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 8)^2 + 0.130 \times (0.0 / 8) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$
$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$
$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$
$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

$f_{ta} = 0.07$ $f_{ck} = 1.890$ MPa

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{87.482}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{44.286}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.143 + 0.162 = 0.305 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-81.167}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{44.286}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.182 + 0.162 = 0.345 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/41.429)} = 2.142 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/87.63)} = 1.472 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 2.15 \times 1.683 + (-0.336) + (-1.598) + (1.165)$$

$$= 3.519 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 2.15 \times 1.683 + (1.165)$$

$$= 5.453 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 1.3 \times 0.059 + (-0.336) + (-1.598) + (1.165)$$

$$= -0.023 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 2.15 \times 1.683 + 1.3 (1/2 \times 0.059) + (-0.336) + (-1.598) + (1.165)$$

$$= 3.557 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.429 + 2.595) + 2.15 \times 8.475 + (2.797) + (17.832) + (14.355) \\ &= 110.436 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.429 + 2.595) + 2.15 \times 8.475 + (14.355) \\ &= 89.807 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.429 + 2.595) + 1.3 \times 0.295 + (2.797) + (17.832) + (14.355) \\ &= 92.599 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.429 + 2.595) + 2.15 \times 8.475 + 1.3 (1/2 \times 0.295) + (2.797) + (17.832) + (14.355) \\ &= 110.627 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-37.257 + -10.294) + 2.15 \times -33.616 + (2.18) + (13.553) + (-11.62) \\ &= -129.978 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-37.257 + -10.294) + 2.15 \times -33.616 + (-11.62) \\ &= -145.711 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

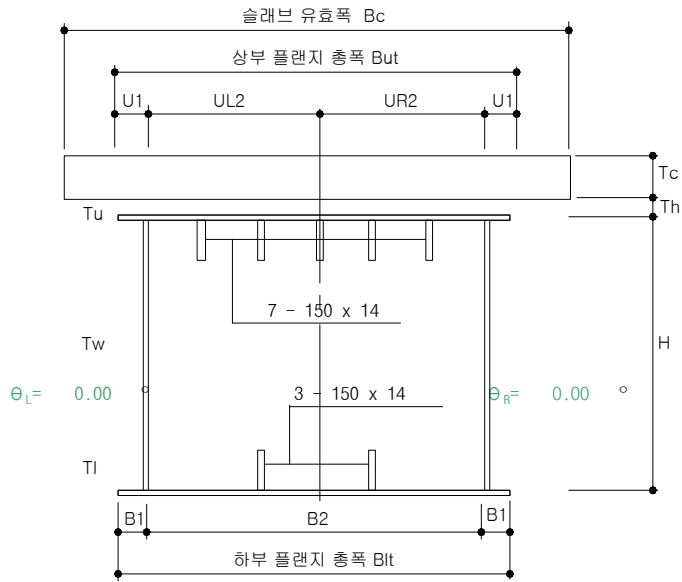
$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-37.257 + -10.294) + 1.3 \times -1.171 + (2.18) + (13.553) + (-11.62) \\ &= -59.225 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-37.257 + -10.294) + 2.15 \times -33.616 + 1.3 (1/2 \times -1.171) + (2.18) + (13.553) + (-11.62) \\ &= -130.739 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 6 > : 절점 16 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B


$$H = 2.400 \text{ m}$$
$$B_c = 6.225 \text{ m}$$

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

$$B2 = 2.600 \text{ m}$$

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.012 \text{ m}$$
$$T_I = 0.016 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강 의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2401.969
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1032.576
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	243.465
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5486.013
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-604.550
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-178.038
S_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-17.291
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-567.688
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-114.004
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-130.636
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-138.119
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-477.004

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

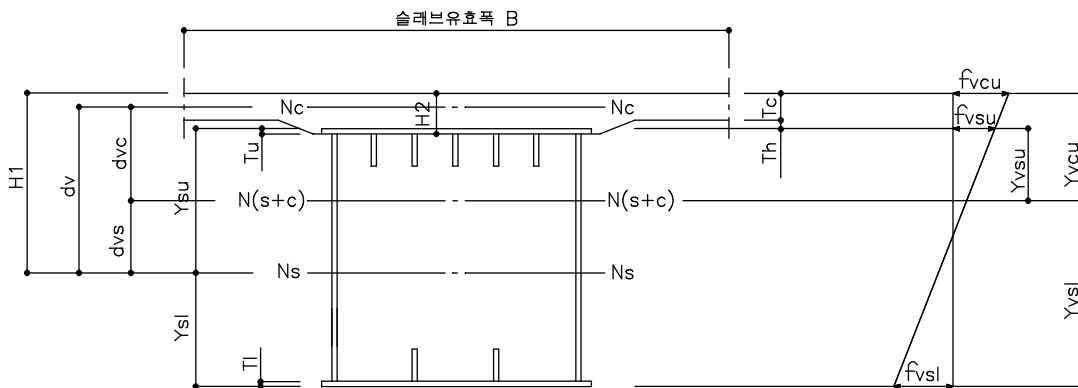
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800.0	-1208.0	-54118400	65375027200	955733
강단면 합계			157000.0		-4146800	140822201800	27688733933
1 - RC SLAB	6225.5	250.0	1556370.2	1375.0	2140009014	2942512394723	8106094751

* As = 157000.0 mm² , Ac = 1556370.2 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times (-26.413)^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-26.413) = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 17.664 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -16.968 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.249 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 351546 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1013261844 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.413 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 625.869 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 775.544 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 750.869 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 500.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 462.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1965.131 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$I_v = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 340051270596 \text{ mm}^4$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.285 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.190 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.406 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -5.967 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.949 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.514 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.010 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.467 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -31.703 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.988 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.067 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.045 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.331 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.407 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.207 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c/n_1 = 254273 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정장력으로 인한 영향 고려}$$

$$dc_1 = d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 865.297 \text{ mm} \quad K = -0.163$$

$$ds_1 = d_v - dc_1 = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = dc_1 + T_c/2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c/n_1 \cdot dc_1^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 369729 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 369729 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot dc_1 = 319925597 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.285 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.190 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.205 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.108 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.326 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.768 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi/2) = 8 \times (1 + 4.0/2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 221849 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 991.765 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 409.648 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 866.765 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 828.765 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1599.235 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3676925 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.779 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.755 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 14.671 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 20.246 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4902566 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.395 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.349 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.265 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvs1/Iv = 16.836 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 Fv Tw)) = 28.185 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 Fv Tw)) = 16.405 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 Fv Tw)) = 28.789 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$
$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$
$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$
$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

$f_{ta} = 0.07$ $f_{ck} = 1.890$ MPa

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{55.799}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{28.185}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.058 + 0.066 = 0.124 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-54.638}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{28.185}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.083 + 0.066 = 0.148 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/17.664)} = 3.280 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/55.965)} = 1.843 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 2.15 \times 1.514 + (-0.205) + (-1.779) + (1.395)$$

$$= 3.037 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 2.15 \times 1.514 + (1.395)$$

$$= 5.021 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 1.3 \times 0.067 + (-0.205) + (-1.779) + (1.395)$$

$$= -0.131 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 2.15 \times 1.514 + 1.3 (1/2 \times 0.067) + (-0.205) + (-1.779) + (1.395)$$

$$= 3.080 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (17.664 + 1.406) + 2.15 \times 7.467 + (1.326) + (14.671) + (13.265) \\ &= 70.108 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (17.664 + 1.406) + 2.15 \times 7.467 + (13.265) \\ &= 54.110 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (17.664 + 1.406) + 1.3 \times 0.331 + (1.326) + (14.671) + (13.265) \\ &= 54.483 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (17.664 + 1.406) + 2.15 \times 7.467 + 1.3 (1/2 \times 0.331) + (1.326) + (14.671) + (13.265) \\ &= 70.323 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-16.968 + -5.967) + 2.15 \times -31.703 + (1.768) + (20.246) + (-16.836) \\ &= -92.799 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-16.968 + -5.967) + 2.15 \times -31.703 + (-16.836) \\ &= -114.813 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-16.968 + -5.967) + 1.3 \times -1.407 + (1.768) + (20.246) + (-16.836) \\ &= -26.466 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-16.968 + -5.967) + 2.15 \times -31.703 + 1.3 (1/2 \times -1.407) + (1.768) + (20.246) + (-16.836) \\ &= -93.714 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 6.225 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.016 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4069.695
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1455.961
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	240.121
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5884.478
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	364.328
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	116.987
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	17.673
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	544.365
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	88.480
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	119.020
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	121.395
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	474.368

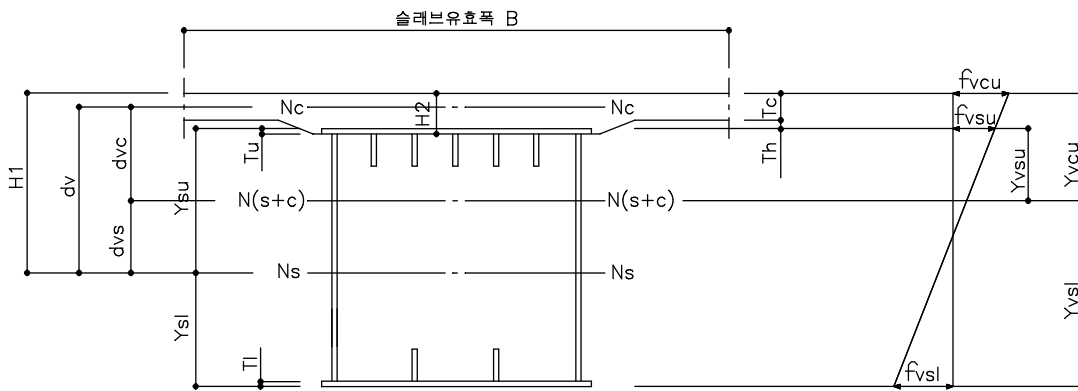
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800.0	-1208.0	-54118400	65375027200	955733
강단면 합계			157000.0		-4146800	140822201800	27688733933
1 - RC SLAB	6225.5	250.0	1556370.2	1375.0	2140009014	2942512394723	8106094751

* As = 157000.0 mm² , Ac = 1556370.2 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 29.928 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -28.748 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 6.910 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 351546 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 1013261844 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.413 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 625.869 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 775.544 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 750.869 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 500.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 462.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1965.131 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 340051270596 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.402 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.268 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.982 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -8.414 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.812 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.624 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.083 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.010 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -34.006 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.565 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.066 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.044 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.327 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.388 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.104 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 254273 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 865.297 \text{ mm} \quad K = -0.068$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 521329 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 521329 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 451104027 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.402 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.268 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.280 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.145 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.975 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.235 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi/2) = 8 \times (1 + 4.0/2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 221849 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 991.765 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 409.648 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 866.765 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 828.765 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1599.235 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3676925 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.716 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.707 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 15.780 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 18.106 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4902566 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.314 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.295 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.662 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvs1/Iv = 15.151 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw)) = 22.288 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mwt)/(2 FvTw)) = 10.826 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw/2 + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mwt/2 + Mvt)/(2 FvTw)) = 22.840 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$
$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$
$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$
$$\frac{b}{48 \cdot j \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

$f_{ta} = 0.07$ $f_{ck} = 1.890$ MPa

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{71.337}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{22.288}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.095 + 0.041 = 0.136 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-71.168}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.288}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.140 + 0.041 = 0.181 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/29.928)} = 2.520 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/71.5)} = 1.630 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 2.15 \times 1.624 + (-0.28) + (-1.716) + (1.314)$$

$$= 3.332 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 2.15 \times 1.624 + (1.314)$$

$$= 5.329 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 1.3 \times 0.066 + (-0.28) + (-1.716) + (1.314)$$

$$= -0.074 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 2.15 \times 1.624 + 1.3 (1/2 \times 0.066) + (-0.28) + (-1.716) + (1.314)$$

$$= 3.375 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.928 + 1.982) + 2.15 \times 8.01 + (1.975) + (15.78) + (13.662) \\ &= 90.121 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.928 + 1.982) + 2.15 \times 8.01 + (13.662) \\ &= 72.366 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.928 + 1.982) + 1.3 \times 0.327 + (1.975) + (15.78) + (13.662) \\ &= 73.325 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.928 + 1.982) + 2.15 \times 8.01 + 1.3 (1/2 \times 0.327) + (1.975) + (15.78) + (13.662) \\ &= 90.334 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.748 + -8.414) + 2.15 \times -34.006 + (2.235) + (18.106) + (-15.151) \\ &= -116.234 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.748 + -8.414) + 2.15 \times -34.006 + (-15.151) \\ &= -136.575 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

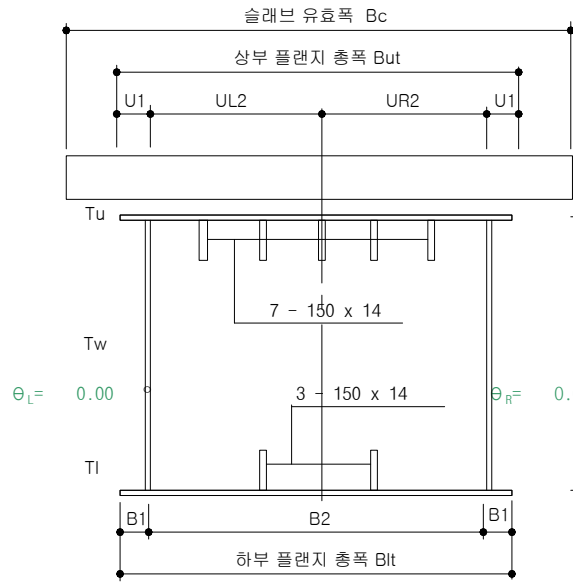
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.748 + -8.414) + 1.3 \times -1.388 + (2.235) + (18.106) + (-15.151) \\ &= -44.926 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.748 + -8.414) + 2.15 \times -34.006 + 1.3 (1/2 \times -1.388) + (2.235) + (18.106) + (-15.151) \\ &= -117.136 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 10 > : 절점 27 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 6.225 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 Tl = 0.016 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	6385.831
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2041.169
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	250.248
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6102.958
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-484.513
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-147.337
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-17.630
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-568.391
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-117.578
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-129.675
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-128.237
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-475.524

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

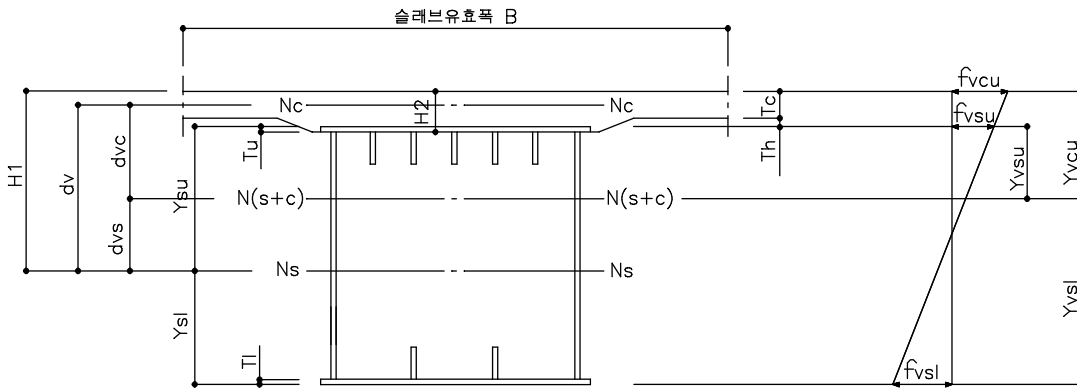
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800.0	-1208.0	-54118400	65375027200	955733
강단면 합계			157000.0		-4146800	140822201800	27688733933
1 - RC SLAB	6225.5	250.0	1556370.2	1375.0	2140009014	2942512394723	8106094751

* As = 157000.0 mm² , Ac = 1556370.2 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 46.961 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -45.109 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 9.189 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 351546 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1013261844 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.413 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 625.869 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 775.544 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 750.869 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 500.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 462.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1965.131 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 340051270596 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.563 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.376 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.778 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -11.796 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.409 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.684 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.124 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.307 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -35.269 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.990 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.069 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.046 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.341 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.446 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.148 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 254273 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 865.297 \text{ mm} \quad K = 0.063$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 730871 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 730871 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 632420481 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.563 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.376 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.375 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.190 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.972 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.635 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 221849 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 991.765 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 409.648 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 866.765 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 828.765 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1599.235 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3676925 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.631 \text{ MPa} \\
fvcl2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.640 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 17.310 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 15.155 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4902566 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.203 \text{ MPa} \\
fc1t &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.221 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 14.209 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 12.829 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 25.588 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 13.746 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw)) = 26.162 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$fta = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 177.975$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ Mpa 사용})$$

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

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	46.961	-45.109	177.975	190.000
1+2+3	2.248	1.499	10.800	10.800	58.047	-92.174	177.975	190.000
1+2+3+5	1.873	1.310	10.800	10.800	61.018	-89.539	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.242	-0.330	10.800	1.890	78.328	-74.384	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.961	-1.551	2.174	2.174	92.537	-61.556	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.446	0.891	12.420	12.420	64.119	-87.213	231.368	218.500
1+2+4	0.632	0.422	12.960	12.960	50.080	-58.351	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.282	1.522	13.500	13.500	58.217	-92.897	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	1.907	1.333	13.500	13.500	61.189	-90.262	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.277	-0.307	13.500	2.363	78.498	-75.107	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.927	-1.528	2.552	2.552	92.707	-62.279	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.480	0.914	14.580	14.580	64.289	-87.936	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 합중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{92.537}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{25.588}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.160 + 0.054 = 0.214 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-92.174}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{25.588}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.235 + 0.054 = 0.289 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/46.961)} = 2.011 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/92.707)} = 1.432 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 2.15 \times 1.684 + (-0.375) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 3.552 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 2.15 \times 1.684 + (1.203)$$

$$= 5.558 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 1.3 \times 0.069 + (-0.375) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 0.020 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 2.15 \times 1.684 + 1.3 (1/2 \times 0.069) + (-0.375) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 3.597 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.961 + 2.778) + 2.15 \times 8.307 + (2.972) + (17.31) + (14.209) \\ &= 117.012 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.961 + 2.778) + 2.15 \times 8.307 + (14.209) \\ &= 96.730 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.961 + 2.778) + 1.3 \times 0.341 + (2.972) + (17.31) + (14.209) \\ &= 99.594 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.961 + 2.778) + 2.15 \times 8.307 + 1.3 (1/2 \times 0.341) + (2.972) + (17.31) + (14.209) \\ &= 117.233 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.109 + -11.796) + 2.15 \times -35.269 + (2.635) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -144.843 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.109 + -11.796) + 2.15 \times -35.269 + (-12.829) \\ &= -162.633 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

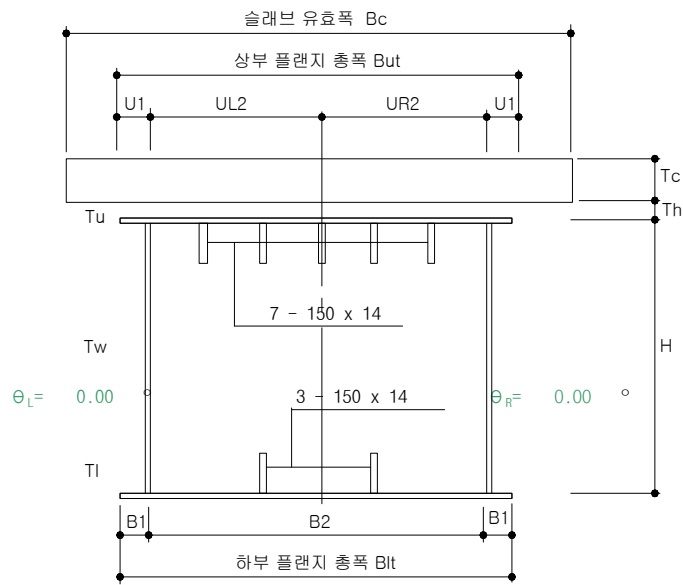
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.109 + -11.796) + 1.3 \times -1.446 + (2.635) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -70.896 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.109 + -11.796) + 2.15 \times -35.269 + 1.3 (1/2 \times -1.446) + (2.635) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -145.783 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 11 > : 절점 29 로 부터 이격 거리 4.418 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 6.225 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선형팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	6385.242
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2041.011
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	253.391
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6102.735
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	484.592
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	147.359
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	17.191
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	568.415
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	117.618
Msc t : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	129.742
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	129.297
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	476.223

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.563 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.376 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.778 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -11.795 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.410 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.684 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.124 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.307 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -35.267 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.995 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.070 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.047 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.345 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.464 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.147 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 254273 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 865.297 \text{ mm} \quad K = 0.063$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 730814 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 730814 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 632371527 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.563 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.376 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.375 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.190 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.972 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.634 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 221849 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 991.765 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 409.648 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 866.765 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 828.765 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1599.235 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3676925 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.631 \text{ MPa} \\
fvcl2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.640 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 17.310 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 15.155 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4902566 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.203 \text{ MPa} \\
fc1t &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.221 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 14.209 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 12.829 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 25.595 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 13.748 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw)) = 26.169 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	46.957	-45.105	177.975	190.000
1+2+3	2.248	1.499	10.800	10.800	58.042	-92.167	177.975	190.000
1+2+3+5	1.873	1.310	10.800	10.800	61.013	-89.533	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.242	-0.330	10.800	1.890	78.323	-74.378	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.961	-1.551	2.174	2.174	92.532	-61.550	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.445	0.891	12.420	12.420	64.114	-87.207	231.368	218.500
1+2+4	0.633	0.422	12.960	12.960	50.080	-58.365	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.283	1.523	13.500	13.500	58.214	-92.900	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	1.908	1.333	13.500	13.500	61.186	-90.265	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.277	-0.307	13.500	2.363	78.495	-75.110	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.926	-1.528	2.552	2.552	92.704	-62.282	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.480	0.914	14.580	14.580	64.286	-87.939	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{92.532}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{25.595}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.160 + 0.054 = 0.214 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-92.167}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{25.595}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.235 + 0.054 = 0.289 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/46.957)} = 2.012 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/92.704)} = 1.432 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 2.15 \times 1.684 + (-0.375) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 3.552 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 2.15 \times 1.684 + (1.203)$$

$$= 5.557 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 1.3 \times 0.07 + (-0.375) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 0.021 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.563 + 2.15 \times 1.684 + 1.3 (1/2 \times 0.07) + (-0.375) + (-1.631) + (1.203)$$

$$= 3.597 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.957 + 2.778) + 2.15 \times 8.307 + (2.972) + (17.31) + (14.209) \\ &= 117.005 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.957 + 2.778) + 2.15 \times 8.307 + (14.209) \\ &= 96.724 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.957 + 2.778) + 1.3 \times 0.345 + (2.972) + (17.31) + (14.209) \\ &= 99.594 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (46.957 + 2.778) + 2.15 \times 8.307 + 1.3 (1/2 \times 0.345) + (2.972) + (17.31) + (14.209) \\ &= 117.229 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.105 + -11.795) + 2.15 \times -35.267 + (2.634) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -144.834 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.105 + -11.795) + 2.15 \times -35.267 + (-12.829) \\ &= -162.623 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

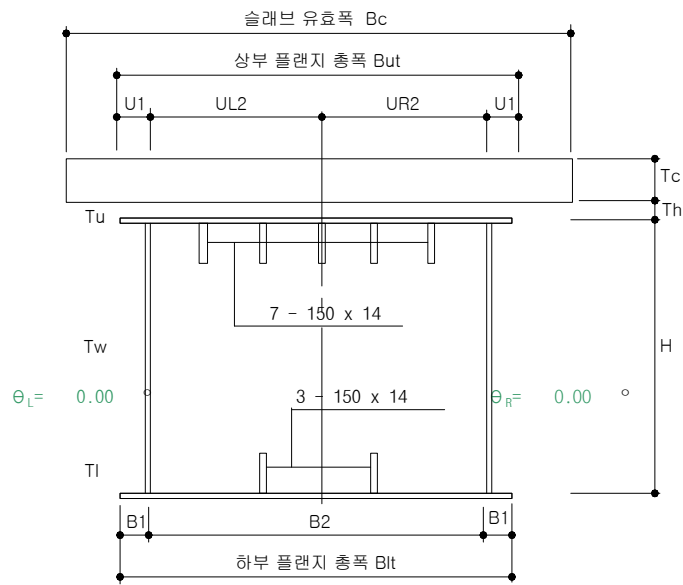
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.105 + -11.795) + 1.3 \times -1.464 + (2.634) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -70.913 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-45.105 + -11.795) + 2.15 \times -35.267 + 1.3 (1/2 \times -1.464) + (2.634) + (15.155) + (-12.829) \\ &= -145.786 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 14 > : 절점 38 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 6.225 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

TI = 0.016 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4069.874
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1456.034
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	236.357
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5884.403
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-364.353
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-116.991
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-17.609
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-544.385
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-88.519
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-119.069
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-121.467
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-474.147

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

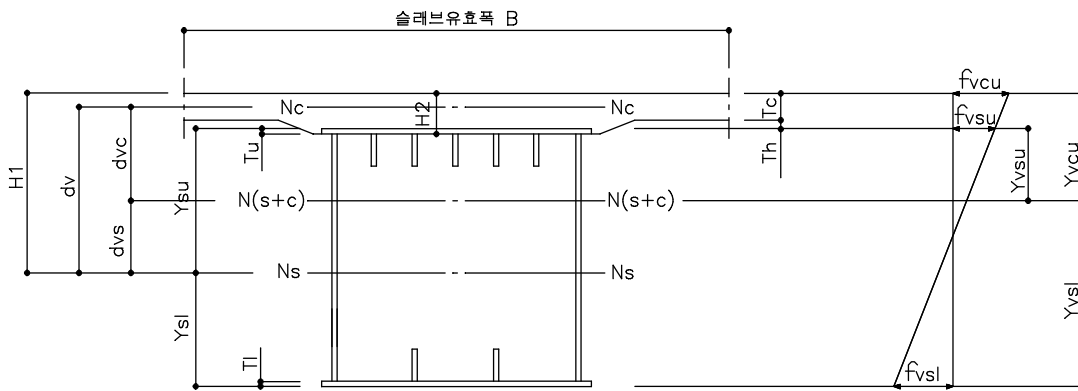
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800.0	-1208.0	-54118400	65375027200	955733
강단면 합계			157000.0		-4146800	140822201800	27688733933
1 - RC SLAB	6225.5	250.0	1556370.2	1375.0	2140009014	2942512394723	8106094751

* As = 157000.0 mm² , Ac = 1556370.2 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times (-26.413)^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-26.413) = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 29.930 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -28.750 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.911 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 351546 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1013261844 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.413 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 625.869 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 775.544 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 750.869 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 500.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 462.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1965.131 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 340051270596 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.402 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.268 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.982 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -8.414 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.813 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.624 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.083 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.010 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -34.006 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.564 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.065 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.044 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.322 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.366 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.103 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 254273 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n1 + A_s) = 865.297 \text{ mm} \quad K = -0.068$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n1 \cdot d_{c1}^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 521355 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 521355 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 451126645 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.402 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.268 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.280 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.145 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.975 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.235 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 221849 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 991.765 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 409.648 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 866.765 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 828.765 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1599.235 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3676925 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.716 \text{ MPa} \\
fvcl2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.707 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 15.780 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 18.106 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.00012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4902566 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.314 \text{ MPa} \\
fvcl &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.295 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 13.662 \text{ MPa} \\
fvsl &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 15.151 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 22.288 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 10.827 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw)) = 22.839 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

★ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_u \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

★ 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	29.930	-28.750	177.975	190.000
1+2+3	2.026	1.351	10.800	10.800	39.921	-71.169	177.975	190.000
1+2+3+5	1.746	1.207	10.800	10.800	41.896	-68.935	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.029	-0.500	10.800	1.890	57.677	-50.829	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.285	-1.795	2.174	2.174	71.338	-35.677	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.344	0.795	12.420	12.420	44.015	-65.980	231.368	218.500
1+2+4	0.467	0.312	12.960	12.960	32.233	-38.530	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.059	1.373	13.500	13.500	40.082	-71.852	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	1.778	1.228	13.500	13.500	42.057	-69.617	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.062	-0.478	13.500	2.363	57.837	-51.512	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-1.253	-1.773	2.552	2.552	71.499	-36.360	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.376	0.817	14.580	14.580	44.176	-66.663	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{71.338}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{22.288}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.095 + 0.041 = 0.136 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-71.169}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.288}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.140 + 0.041 = 0.181 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/29.93)} = 2.520 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/71.499)} = 1.630 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 2.15 \times 1.624 + (-0.28) + (-1.716) + (1.314)$$

$$= 3.332 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 2.15 \times 1.624 + (1.314)$$

$$= 5.329 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 1.3 \times 0.065 + (-0.28) + (-1.716) + (1.314)$$

$$= -0.075 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.402 + 2.15 \times 1.624 + 1.3 (1/2 \times 0.065) + (-0.28) + (-1.716) + (1.314)$$

$$= 3.374 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (29.93 + 1.982) + 2.15 \times 8.01 + (1.975) + (15.78) + (13.662)$$

$$= 90.123 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.93 + 1.982) + 2.15 \times 8.01 + (13.662) \\ &= 72.367 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.93 + 1.982) + 1.3 \times 0.322 + (1.975) + (15.78) + (13.662) \\ &= 73.320 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (29.93 + 1.982) + 2.15 \times 8.01 + 1.3 (1/2 \times 0.322) + (1.975) + (15.78) + (13.662) \\ &= 90.332 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.75 + -8.414) + 2.15 \times -34.006 + (2.235) + (18.106) + (-15.151) \\ &= -116.236 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.75 + -8.414) + 2.15 \times -34.006 + (-15.151) \\ &= -136.576 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

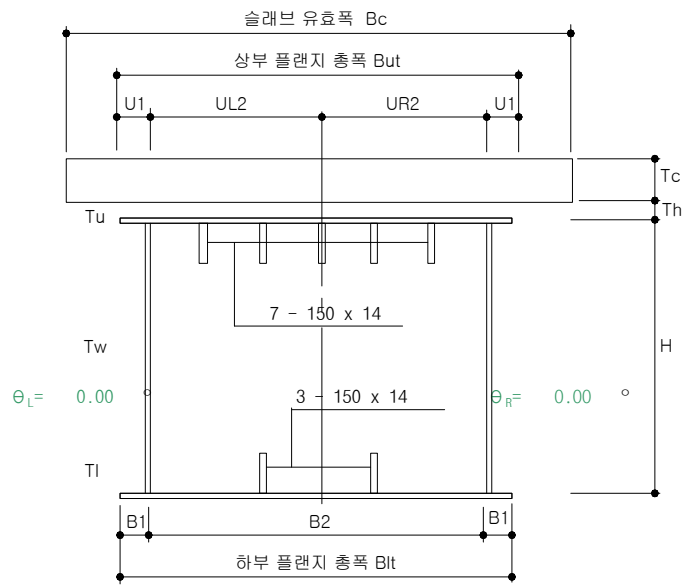
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.75 + -8.414) + 1.3 \times -1.366 + (2.235) + (18.106) + (-15.151) \\ &= -44.899 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-28.75 + -8.414) + 2.15 \times -34.006 + 1.3 (1/2 \times -1.366) + (2.235) + (18.106) + (-15.151) \\ &= -117.123 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 15 > : 절점 40 로 부터 이격 거리 4.418 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 6.225 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2402.528
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1032.767
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	239.574
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5486.247
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	604.521
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	178.026
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	17.242
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	567.658
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	114.002
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	130.616
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	138.456
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	476.176

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

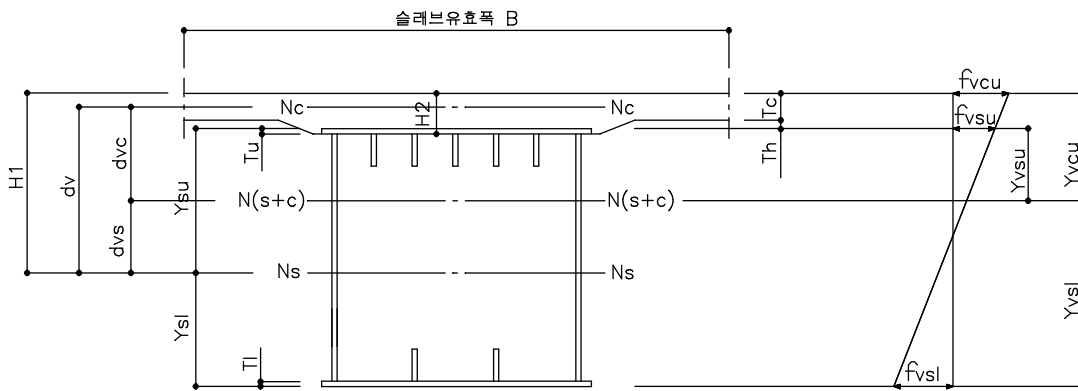
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800.0	-1208.0	-54118400	65375027200	955733
강단면 합계			157000.0		-4146800	140822201800	27688733933
1 - RC SLAB	6225.5	250.0	1556370.2	1375.0	2140009014	2942512394723	8106094751

* As = 157000.0 mm² , Ac = 1556370.2 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times (-26.413)^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-26.413) = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 17.668 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -16.971 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.248 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 351546 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1013261844 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.413 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 625.869 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 775.544 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 750.869 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 500.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 462.869 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vcl} - (H + T_u + T_l) = -1965.131 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 340051270596 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.285 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.190 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.406 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -5.968 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.948 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.514 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.010 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.468 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -31.705 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.982 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.066 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.044 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.326 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.384 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.208 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 254273 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n1 + A_s) = 865.297 \text{ mm} \quad K = -0.163$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 536.116 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 990.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 740.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 702.297 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1725.703 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n1 \cdot d_{c1}^2 = 286865173159 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 369798 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 369798 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 319984775 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.285 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.190 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.205 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.108 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.327 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.768 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 221849 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 991.765 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 409.648 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1116.765 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 866.765 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 828.765 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1599.235 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 258870627417 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3676925 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3646644550 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.779 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.755 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.671 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 20.246 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.00012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4902566 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3068362542 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut1} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.395 \text{ MPa} \\
f_{clt1} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.349 \text{ MPa} \\
f_{sut1} &= P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.265 \text{ MPa} \\
f_{slt1} &= P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 16.836 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 28.178 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 F_v T_w)) = 16.405 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w/2 + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 28.783 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	17.668	-16.971	177.975	190.000
1+2+3	1.799	1.200	10.800	10.800	26.542	-54.644	177.975	190.000
1+2+3+5	1.594	1.093	10.800	10.800	27.868	-52.876	204.671	190.000
1+2+3+5+6	-0.185	-0.662	1.890	1.890	42.539	-32.630	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.580	-2.011	2.174	2.174	55.804	-15.794	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.210	0.687	12.420	12.420	29.274	-49.466	231.368	218.500
1+2+4	0.351	0.234	12.960	12.960	19.400	-24.324	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	1.832	1.222	13.500	13.500	26.705	-55.337	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	1.627	1.115	13.500	13.500	28.031	-53.568	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-0.152	-0.640	2.363	2.363	42.702	-33.322	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-1.547	-1.989	2.552	2.552	55.967	-16.486	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.243	0.709	14.580	14.580	29.437	-50.158	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{55.804}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{28.178}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.058 + 0.066 = 0.124 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-54.644}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{28.178}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.083 + 0.066 = 0.148 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/17.668)} = 3.279 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/55.967)} = 1.843 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 2.15 \times 1.514 + (-0.205) + (-1.779) + (1.395)$$

$$= 3.037 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 2.15 \times 1.514 + (1.395)$$

$$= 5.021 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 1.3 \times 0.066 + (-0.205) + (-1.779) + (1.395)$$

$$= -0.133 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.285 + 2.15 \times 1.514 + 1.3 (1/2 \times 0.066) + (-0.205) + (-1.779) + (1.395)$$

$$= 3.080 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (17.668 + 1.406) + 2.15 \times 7.468 + (1.327) + (14.671) + (13.265)$$

$$= 70.114 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (17.668 + 1.406) + 2.15 \times 7.468 + (13.265) \\ &= 54.117 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (17.668 + 1.406) + 1.3 \times 0.326 + (1.327) + (14.671) + (13.265) \\ &= 54.483 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (17.668 + 1.406) + 2.15 \times 7.468 + 1.3 (1/2 \times 0.326) + (1.327) + (14.671) + (13.265) \\ &= 70.326 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

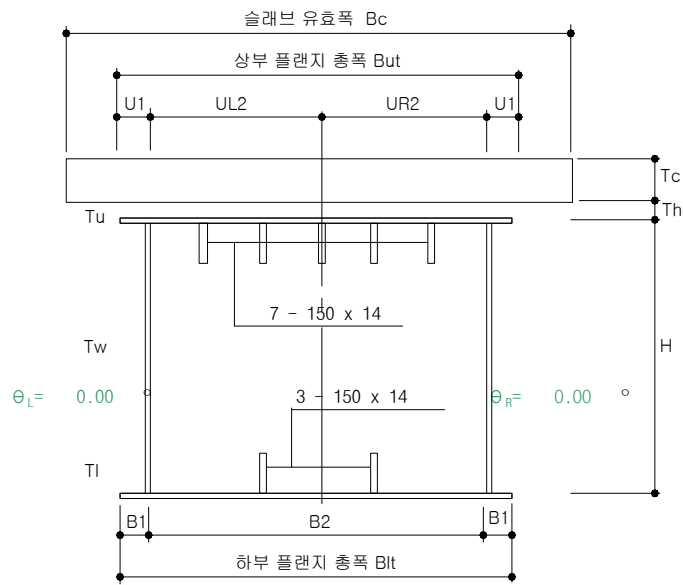
$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-16.971 + -5.968) + 2.15 \times -31.705 + (1.768) + (20.246) + (-16.836) \\ &= -92.808 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-16.971 + -5.968) + 2.15 \times -31.705 + (-16.836) \\ &= -114.823 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-16.971 + -5.968) + 1.3 \times -1.384 + (1.768) + (20.246) + (-16.836) \\ &= -26.443 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-16.971 + -5.968) + 2.15 \times -31.705 + 1.3 (1/2 \times -1.384) + (1.768) + (20.246) + (-16.836) \\ &= -93.708 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 18 > : 절점 48 로 부터 이격 거리 3.156 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 6.303 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	5700.466
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1921.978
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	222.616
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6277.309
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1121.272
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-326.140
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-13.443
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-619.276
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-310.948
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-219.211
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-341.441
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-748.918

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

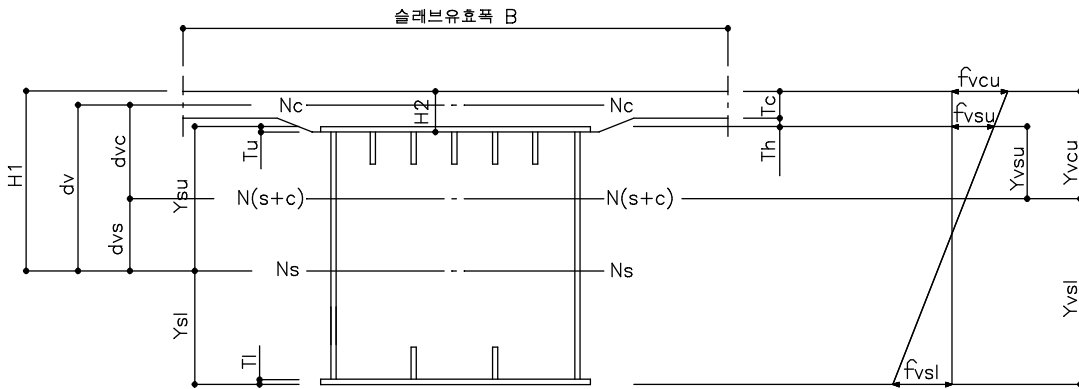
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

$$* A_s = 162600.0 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1575792.3 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = I_{s0} \cdot \gamma^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-10962000}{162600} = -67.417 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 67.417 = 1279.417 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 41.424 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -37.252 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 21.520 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2$$

lc/n = 1025906443 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 652.263 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 790.154 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + T_c/2 = 777.263 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - H_2 + T_u = 489.263 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm}$$

$$I_y = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 362412155939 \text{ mm}^4$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.515 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.350 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.595 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -10.292 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 7.101 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.683 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.142 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.474 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -33.615 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.666 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.060 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.040 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.301 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.192 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.474 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 261087 \text{ mm}^2$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n1 + A_s) = 898.310 \text{ mm}$$

$$K = 0.126$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 544.107 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 1023.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n1 \cdot d_{c1}^2 = 304192253272 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 681362 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 681362 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 612073770 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.515 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.350 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.336 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.174 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.796 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.180 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 228258 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1027.508 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 414.909 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 902.508 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 864.508 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1565.492 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3722809 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.598 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.617 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 17.832 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 13.553 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.00012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4963746 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.165 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.200 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.355 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 11.620 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 44.288 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 F_v T_w)) = 31.096 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w/2 + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 45.525 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_u \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 177.975$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ Mpa 사용})$$

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

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	41.424	-37.252	177.975	190.000
1+2+3	2.198	1.491	10.800	10.800	52.493	-81.160	177.975	190.000
1+2+3+5	1.862	1.317	10.800	10.800	55.289	-78.980	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.264	-0.300	10.800	1.890	73.121	-65.427	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.901	-1.500	2.174	2.174	87.476	-53.807	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.429	0.900	12.420	12.420	58.766	-77.047	231.368	218.500
1+2+4	0.575	0.390	12.960	12.960	44.319	-48.737	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.228	1.511	13.500	13.500	52.643	-81.756	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	1.892	1.337	13.500	13.500	55.439	-79.576	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.294	-0.280	13.500	2.363	73.271	-66.023	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.871	-1.480	2.552	2.552	87.626	-54.403	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.459	0.921	14.580	14.580	58.916	-77.643	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 합중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{87.476}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{44.288}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.143 + 0.162 = 0.305 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-81.160}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{44.288}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.182 + 0.162 = 0.345 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/41.424)} = 2.142 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/87.626)} = 1.473 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 2.15 \times 1.683 + (-0.336) + (-1.598) + (1.165)$$

$$= 3.519 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 2.15 \times 1.683 + (1.165)$$

$$= 5.453 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 1.3 \times 0.06 + (-0.336) + (-1.598) + (1.165)$$

$$= -0.022 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.515 + 2.15 \times 1.683 + 1.3 (1/2 \times 0.06) + (-0.336) + (-1.598) + (1.165)$$

$$= 3.558 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.424 + 2.595) + 2.15 \times 8.474 + (2.796) + (17.832) + (14.355)$$

$$= 110.427 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.424 + 2.595) + 2.15 \times 8.474 + (14.355) \\ &= 89.799 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.424 + 2.595) + 1.3 \times 0.301 + (2.796) + (17.832) + (14.355) \\ &= 92.598 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (41.424 + 2.595) + 2.15 \times 8.474 + 1.3 (1/2 \times 0.301) + (2.796) + (17.832) + (14.355) \\ &= 110.622 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

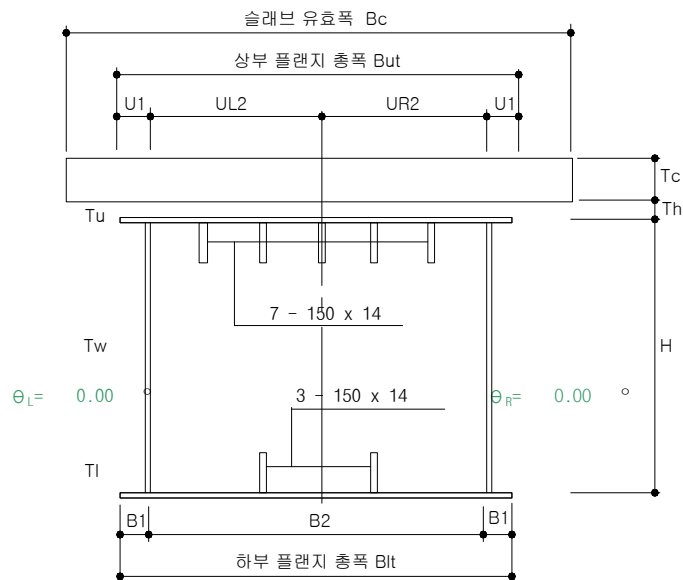
$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-37.252 + -10.292) + 2.15 \times -33.615 + (2.18) + (13.553) + (-11.62) \\ &= -129.968 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-37.252 + -10.292) + 2.15 \times -33.615 + (-11.62) \\ &= -145.701 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-37.252 + -10.292) + 1.3 \times -1.192 + (2.18) + (13.553) + (-11.62) \\ &= -59.245 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-37.252 + -10.292) + 2.15 \times -33.615 + 1.3 (1/2 \times -1.192) + (2.18) + (13.553) + (-11.62) \\ &= -130.743 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m

Bc = 6.303 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

TI = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	13647.244
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	4195.999
Mw : 풍하중에의한 모멘트	kN · m	295.680
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	7880.204
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-301.453
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-80.045
Sw : 풍하중에의한 전단력	kN	-9.945
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-397.934
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-96.352
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-23.173
Mwt : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-101.877
Mvst : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-477.113

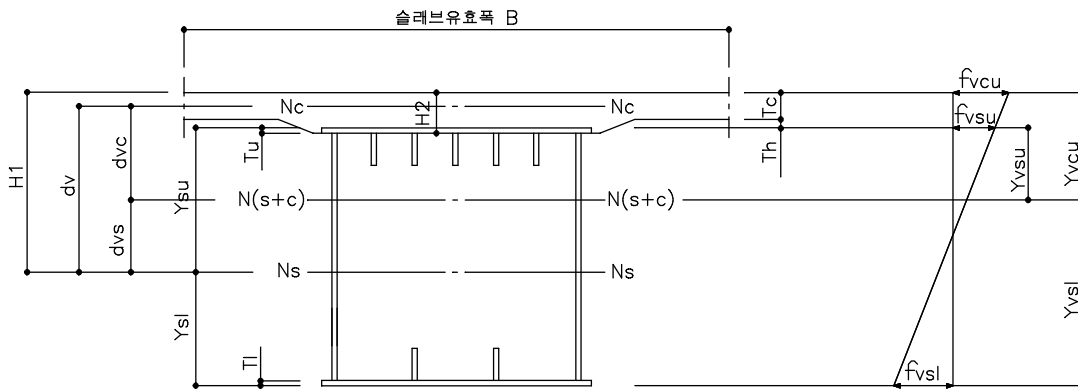
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 162600.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 99.170 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -89.184 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 5.870 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 652.263 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 790.154 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 777.263 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 489.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsl} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$I_v = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 362412155939 \text{ mm}^4$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.125 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.763 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.665 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -22.470 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.542 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.113 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.433 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 10.638 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -42.199 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.040 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.079 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.054 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.399 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.583 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.841 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c/n_1 = 261087 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정장력으로 인한 영향 고려}$$

$$dc_1 = d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 898.310 \text{ mm} \quad K = 0.410$$

$$ds_1 = d_v - dc_1 = 544.107 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = dc_1 + T_c/2 = 1023.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c/n_1 \cdot dc_1^2 = 304192253272 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1487526 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1487526 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot dc_1 = 1336259274 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.125 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.763 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.654 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.320 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.022 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.645 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 228258 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1027.508 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 414.909 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 902.508 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 864.508 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1565.492 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3722809 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.408 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.467 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 21.263 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 7.340 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4963746 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.919 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.033 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.597 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 6.696 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 17.452 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 F_v T_w)) = 8.253 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w/2 + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 17.872 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot j \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $fca = 190 - 3.9 (b / (tu \cdot i \cdot n) - 24) = 177.975$

$$\frac{b}{48 \cdot j \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot j \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 299.929 \text{ MPa}$

사용 $t_u =$ 12.0 mm

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$f_{ca} = 0.4$ $f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$ ($f_{ck} = 27 \text{ Mpa}$ 사용)

$f_{ta} = 0.07$ $f_{ck} = 1.890$ MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	99.170	-89.184	177.975	190.000
1+2+3	3.237	2.196	10.800	10.800	115.473	-153.853	177.975	190.000
1+2+3+5	2.584	1.876	10.800	10.800	122.495	-151.208	204.671	190.000
1+2+3+5+6	1.176	0.409	10.800	10.800	143.758	-143.868	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	0.258	-0.624	12.420	2.174	159.355	-137.172	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	2.095	1.442	12.420	12.420	128.162	-150.564	231.368	218.500
1+2+4	1.204	0.817	12.960	12.960	105.234	-113.237	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	3.277	2.223	13.500	13.500	115.673	-154.644	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.623	1.903	13.500	13.500	122.695	-151.999	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.216	0.436	13.500	13.500	143.958	-144.659	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.297	-0.597	14.580	2.552	159.554	-137.964	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.134	1.469	14.580	14.580	128.361	-151.355	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{143.758}{204.671}\right)^2 + \left(\frac{17.452}{110.000}\right)^2 = 0.493 + 0.025 = 0.519 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-153.853}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{17.452}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.656 + 0.025 = 0.681 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/99.17)} = 1.384 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.091) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/159.554)} = 1.091 < 1.2 \Rightarrow 1.091$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 2.15 \times 2.113 + (-0.654) + (-1.408) + (0.919)$$

$$= 4.862 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 2.15 \times 2.113 + (0.919)$$

$$= 6.923 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 1.3 \times 0.079 + (-0.654) + (-1.408) + (0.919)$$

$$= 0.423 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.125 + 2.15 \times 2.113 + 1.3 (1/2 \times 0.079) + (-0.654) + (-1.408) + (0.919)$$

$$= 4.913 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.17 + 5.665) + 2.15 \times 10.638 + (7.022) + (21.263) + (15.597) \\ &= 203.039 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.17 + 5.665) + 2.15 \times 10.638 + (15.597) \\ &= 174.755 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.17 + 5.665) + 1.3 \times 0.399 + (7.022) + (21.263) + (15.597) \\ &= 180.686 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (99.17 + 5.665) + 2.15 \times 10.638 + 1.3 (1/2 \times 0.399) + (7.022) + (21.263) + (15.597) \\ &= 203.299 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.184 + -22.47) + 2.15 \times -42.199 + (2.645) + (7.34) + (-6.696) \\ &= -232.589 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.184 + -22.47) + 2.15 \times -42.199 + (-6.696) \\ &= -242.574 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

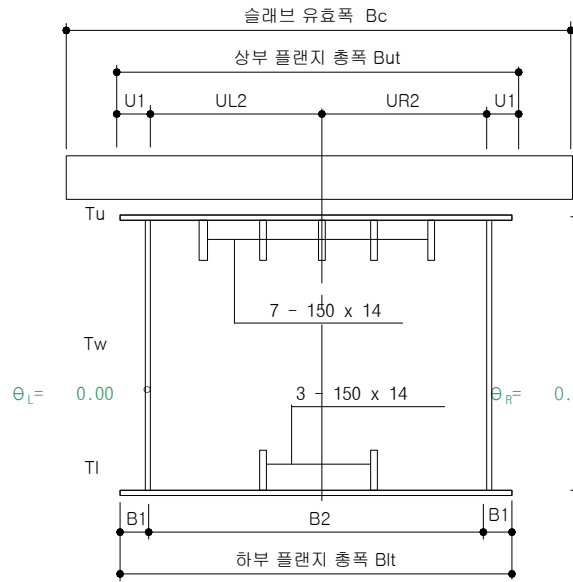
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.184 + -22.47) + 1.3 \times -1.583 + (2.645) + (7.34) + (-6.696) \\ &= -143.919 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.184 + -22.47) + 2.15 \times -42.199 + 1.3 (1/2 \times -1.583) + (2.645) + (7.34) + (-6.696) \\ &= -233.618 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 20 > : 절점 53 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 6.303 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	12195.408
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3753.993
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	362.228
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6157.771
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	558.810
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	161.279
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	18.036
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	490.057
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	239.562
Msc t : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	200.328
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	316.668
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	763.682

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

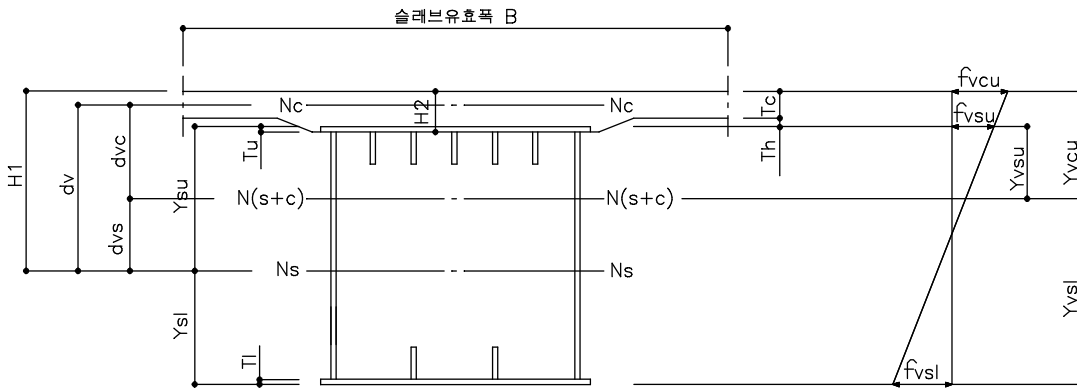
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	12.0	33600.0	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700.0	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800.0	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300.0	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400.0	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600.0		-10962000	149115897000	27689139000
1 - RC SLAB	6303.2	250.0	1575792.3	1375.0	2166714408	2979232310570	8207251544

* As = 162600.0 mm² , Ac = 1575792.3 mm²

2) 응 력 경 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 88.620 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -79.696 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.284 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 359574 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 1025906443 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.417 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 652.263 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 790.154 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 777.263 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 527.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 489.263 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1940.737 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 362412155939 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.006 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.683 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.068 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -20.103 \text{ MPa}$$

$$u = S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.115 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.651 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.120 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.313 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -32.975 \text{ MPa}$$

$$u = S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.520 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$f_{vcu} = M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.097 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl} = M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.066 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.489 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_v = -1.940 \text{ MPa}$$

$$u = S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.391 \text{ MPa}$$

(5) 크 리 이 프

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 261087 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 898.310 \text{ mm} \quad K = 0.693$$

$$d_{s1} = d_v - d_{c1} = 544.107 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 = 1023.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c = 773.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 735.310 \text{ mm}$$

$$Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1694.690 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304192253272 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1330830 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1330830 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} = 1195497892 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}$$

$$f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.006 \text{ MPa}$$

$$f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.683 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.514 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.232 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.100 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.482 \text{ MPa}$$

(6) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 228258 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1027.508 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 414.909 \text{ mm} \\
Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 1152.508 \text{ mm} \\
Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 902.508 \text{ mm} \\
Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 864.508 \text{ mm} \\
Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1565.492 \text{ mm} \\
lv2 &= ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 273719417954 \text{ mm}^4 \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3722809 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3825217419 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec2 &= Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.218 \text{ MPa} \\
fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.319 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 24.682 \text{ MPa} \\
fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 1.148 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4963746 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3237669891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.673 \text{ MPa} \\
fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.866 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 16.834 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 1.789 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 28.919 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 17.790 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mwt)/(2 FvTw)) = 30.114 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 8)^2 + 0.130 \times (0.0 / 8) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_u \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 177.975$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	88.620	-79.696	177.975	190.000
1+2+3	2.657	1.803	10.800	10.800	102.001	-132.774	177.975	190.000
1+2+3+5	2.144	1.570	10.800	10.800	109.101	-132.293	204.671	190.000
1+2+3+5+6	0.926	0.251	10.800	10.800	133.783	-131.144	204.671	190.000
1+2+3+5+6+7	0.253	-0.615	12.420	2.174	150.617	-129.355	231.368	218.500
1+2+3+5+6-7	1.599	1.118	12.420	12.420	116.950	-132.934	231.368	218.500
1+2+4	1.104	0.749	12.960	12.960	94.177	-101.739	213.570	228.000
1+2+3+(1/2)4	2.706	1.835	13.500	13.500	102.246	-133.744	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	2.192	1.603	13.500	13.500	109.346	-133.263	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.974	0.284	13.500	13.500	134.028	-132.114	222.469	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.301	-0.582	14.580	2.552	150.861	-130.325	240.266	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.647	1.151	14.580	14.580	117.194	-133.904	240.266	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{133.783}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{28.919}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.427 + 0.069 = 0.496 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-132.774}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{28.919}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.488 + 0.069 = 0.557 < 1.2 \quad 0.K. \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/88.62)} = 1.464 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.122) = 4.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/150.861)} = 1.122 < 1.2 \Rightarrow 1.122$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.006 + 2.15 \times 1.651 + (-0.514) + (-1.218) + (0.673)$$

$$= 3.799 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 2.15 \times 1.651 + (0.673) \\ &= 5.530 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 1.3 \times 0.097 + (-0.514) + (-1.218) + (0.673) \\ &= 0.376 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times 1.006 + 2.15 \times 1.651 + 1.3 (1/2 \times 0.097) + (-0.514) + (-1.218) + (0.673) \\ &= 3.862 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.62 + 5.068) + 2.15 \times 8.313 + (7.1) + (24.682) + (16.834) \\ &= 188.283 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.62 + 5.068) + 2.15 \times 8.313 + (16.834) \\ &= 156.501 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.62 + 5.068) + 1.3 \times 0.489 + (7.1) + (24.682) + (16.834) \\ &= 171.046 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (88.62 + 5.068) + 2.15 \times 8.313 + 1.3 (1/2 \times 0.489) + (7.1) + (24.682) + (16.834) \\ &= 188.601 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.696 + -20.103) + 2.15 \times -32.975 + (0.482) + (1.148) + (-1.789) \\ &= -200.795 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.696 + -20.103) + 2.15 \times -32.975 + (-1.789) \\ &= -202.425 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.696 + -20.103) + 1.3 \times -1.94 + (0.482) + (1.148) + (-1.789) \\ &= -132.420 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-79.696 + -20.103) + 2.15 \times -32.975 + 1.3 (1/2 \times -1.94) + (0.482) + (1.148) + (-1.789) \\ &= -202.056 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 5.335 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-12011.123
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3368.918
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-423.059
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6692.135
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	2011.394
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	611.046
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	112.008
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	897.218
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	306.409
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	240.835
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	347.063
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	923.501
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

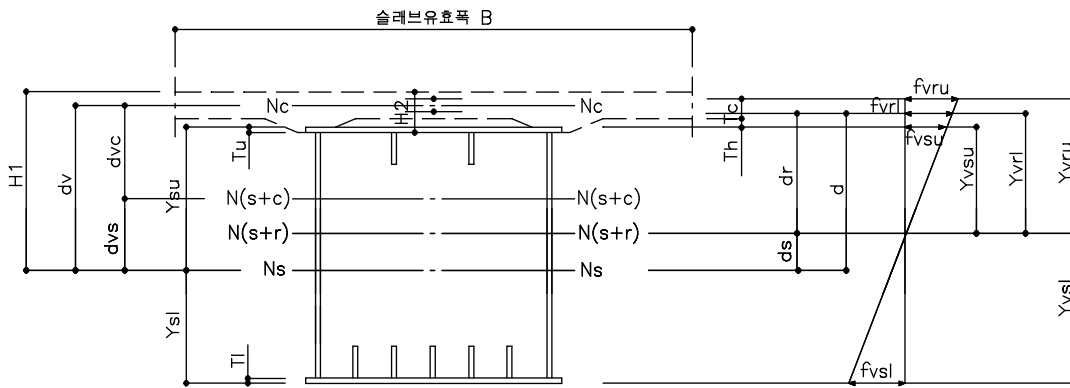
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738880	42823987200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26641080	34366993200	-
RE-BAR 합계			41304		56379960	201349317628	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

* As = 197577 mm² , Ac = 1333733 mm² , Ar = 41304 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201349317628 + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197577 = -47.829 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229042403545 - 197577 \times (-47.829)^2 = 228590416206 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.829) = 1271.829 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -66.827 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 61.801 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 36.936 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 238881 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.543 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 244.286 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.543 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.543 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.543 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.457 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 296781324002 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -14.116 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -12.413 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -11.664 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.124 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.183 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -28.041 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -24.658 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -23.170 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 32.030 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.615 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.773 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.559 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -1.465 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 2.025 \text{ MPa} \\u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.214 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364294 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.829 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.681 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.148 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 280936 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.652 \text{ mm} \quad K = -0.158 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.177 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412508768445 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1050689 \text{ N} \\P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1050689 \text{ N} \\M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1051374409 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = & -3.702 & \text{MPa} \\
 f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = & -3.786 & \text{MPa} \\
 f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = & -3.823 & \text{MPa} \\
 f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = & -5.193 & \text{MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 253150 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1110.485 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 312.344 \text{ mm} \\
 P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3150945 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3499077721 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{vru2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 10.874 \text{ MPa} \\
 f_{vrl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 11.153 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 11.276 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 15.836 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4201259 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3242033856 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 f_{rut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.759 \text{ MPa} \\
 f_{rlt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.500 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 15.814 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 20.039 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 70.735 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 53.334 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 72.842 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-66.827	61.801	190.000	190.000
1+2+3	-42.157	-37.072	160.000	-101.662	109.955	190.000	190.000
1+2+3+5	-45.859	-40.858	160.000	-105.485	104.762	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-34.985	-29.705	160.000	-94.209	120.598	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-44.744	-39.205	184.000	-78.395	140.637	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-25.226	-20.204	184.000	-110.022	100.559	218.500	218.500
1+2+4	-15.889	-13.972	200.000	-79.956	79.950	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-43.043	-37.851	200.000	-102.394	110.968	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-46.745	-41.637	200.000	-106.217	105.774	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-35.872	-30.484	200.000	-94.941	121.611	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-45.631	-39.984	216.000	-79.127	141.650	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-26.112	-20.984	216.000	-110.755	101.572	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-105.485}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{70.735}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.308 + 0.414 = 0.722 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{140.637}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{70.735}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.414 + 0.414 = 0.828 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/61.801)} = 1.753 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.158) = 9.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/141.65)} = 1.158 < 1.2 \Rightarrow 1.158$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -14.116 + 2.15 \times -28.041 + (-3.702) + (10.874) + (9.759)$$

$$= -81.226 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -14.116 + 2.15 \times -28.041 + (9.759)$$

$$= -88.398 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -14.116 + 1.3 \times -1.773 + (-3.702) + (10.874) + (9.759)$$

$$= -23.243 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -14.116 + 2.15 \times -28.041 + 1.3 (1/2 \times -1.773) + (-3.702) + (10.874) + (9.759)$$

$$= -82.378 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (-66.827 + -11.664) + 2.15 \times -23.17 + (-3.823) + (11.276) + (15.814)$$

$$= -160.215 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-66.827 + -11.664) + 2.15 \times -23.17 + (15.814)$$

$$= -167.668 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (-66.827 + -11.664) + 1.3 \times -1.465 + (-3.823) + (11.276) + (15.814)$$

$$= -112.304 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-66.827 + -11.664) + 2.15 \times -23.17 + 1.3 (1/2 \times -1.465) + (-3.823) + (11.276) + (15.814)$$

$$= -161.167 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (61.801 + 16.124) + 2.15 \times 32.03 + (-5.193) + (15.836) + (-20.039)$$

$$= 200.849 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (61.801 + 16.124) + 2.15 \times 32.03 + (-20.039)$$

$$= 190.206 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (61.801 + 16.124) + 1.3 \times 2.025 + (-5.193) + (15.836) + (-20.039)$$

$$= 134.617 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

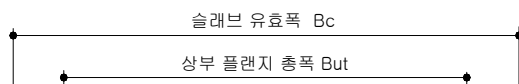
$$\Sigma f = 1.3 \times (61.801 + 16.124) + 2.15 \times 32.03 + 1.3 (1/2 \times 2.025) + (-5.193) + (15.836) + (-20.039)$$

$$= 202.166 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

< S P L I C E - 5 > : 절점 13 로 부터 이격 거리 1.894 m

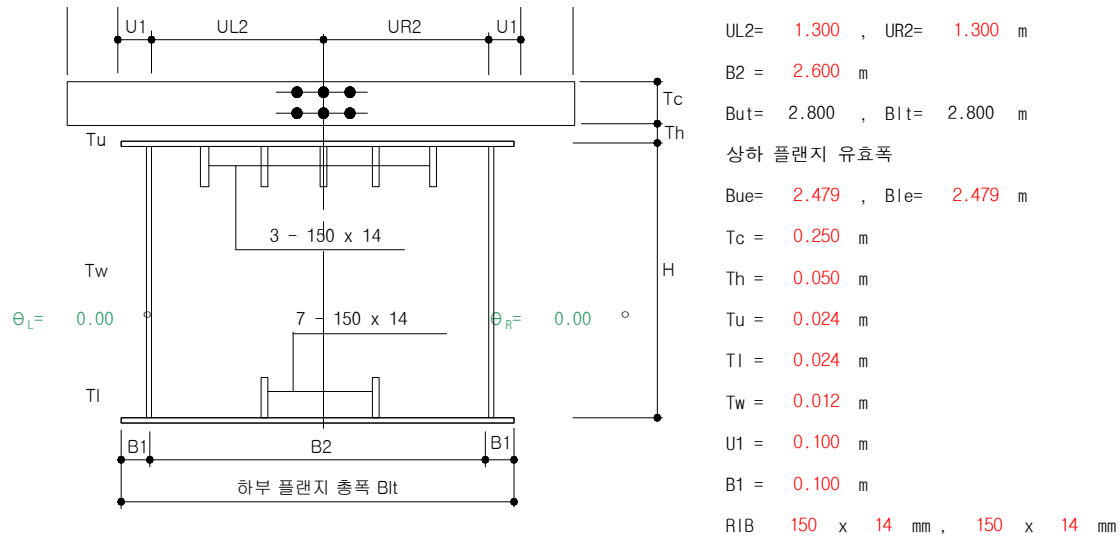
1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m

Bc = 5.335 m



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-13662.882
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3826.604
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-416.045
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6701.970
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1706.578
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-526.395
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-112.639
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-897.455
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-101.748
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-137.621
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-245.931
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-838.503
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

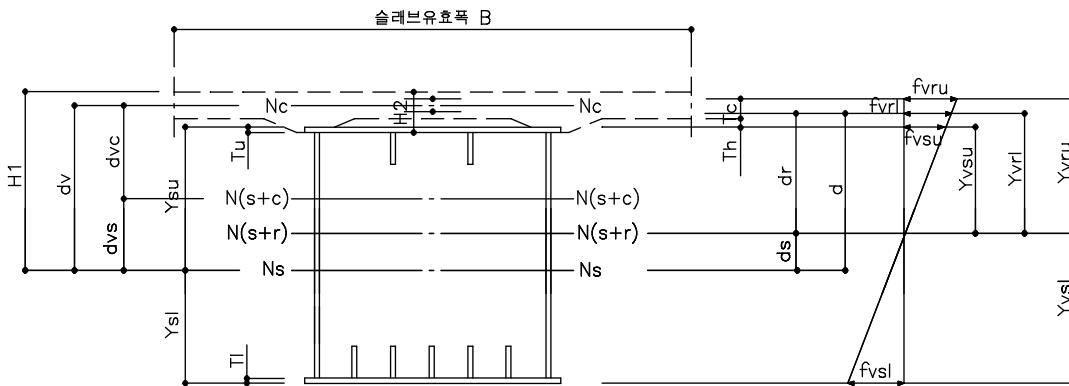
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738880	42823987200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26641080	34366993200	-
RE-BAR 합계			41304		56379960	201349317628	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

* As = 197577 mm² , Ac = 1333733 mm² , Ar = 41304 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201349317628 + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197577 = -47.829 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229042403545 - 197577 \times (-47.829)^2 = 228590416206 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.829) = 1271.829 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -76.017 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 70.300 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 30.298 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 238881 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.543 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 244.286 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.543 \text{ mm} \\
Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.543 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.543 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.457 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot dr^2 = 296781324002 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -16.034 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -14.100 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -13.249 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.315 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.039 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -28.082 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -24.695 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -23.204 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 32.077 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.064 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.743 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.533 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -1.440 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 1.991 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.564 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364294 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.681 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.148 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 280936 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.652 \text{ mm} \quad K = -0.257 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.177 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412508768445 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1193431 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1193431 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -1194209393 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -3.710 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -3.865 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.933 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -6.465 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 253150 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.485 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 312.344 \text{ mm} \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3150945 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3499077721 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr/ Irv = 9.422 \text{ MPa} \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/ Irv = 9.877 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/ Irv = 10.077 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/ Irv = 17.494 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온 도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4201259 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3242033856 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr/ Irv - Es \cdot \epsilon_t = -11.104 \text{ MPa} \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/ Irv - Es \cdot \epsilon_t = -10.683 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/ Irv = 14.702 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/ Irv = 21.575 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 61.400 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 43.900 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 63.182 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000 \\
 \therefore \phi &= (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0
 \end{aligned}$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-76.017	70.300	190.000	190.000
1+2+3	-44.116	-38.794	160.000	-112.470	120.692	190.000	190.000
1+2+3+5	-47.826	-42.659	160.000	-116.404	114.227	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-38.403	-32.783	160.000	-106.327	131.721	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-49.507	-43.465	184.000	-91.624	153.297	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-27.299	-22.100	184.000	-121.029	110.146	218.500	218.500
1+2+4	-17.777	-15.633	200.000	-90.707	90.606	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-44.987	-39.561	200.000	-113.191	121.687	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-48.697	-43.426	200.000	-117.124	115.223	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-39.275	-33.549	200.000	-107.047	132.717	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-50.379	-44.232	216.000	-92.345	154.292	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-28.171	-22.866	216.000	-121.749	111.142	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-116.404}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.400}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.375 + 0.312 = 0.687 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{153.297}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{61.400}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.492 + 0.312 = 0.804 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/70.3)} = 1.644 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.110) = 9.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/154.292)} = 1.110 < 1.2 \Rightarrow 1.110$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -16.034 + 2.15 \times -28.082 + (-3.71) + (9.422) + (11.104) \\ &= -86.612 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -16.034 + 2.15 \times -28.082 + (11.104) \\ &= -92.324 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -16.034 + 1.3 \times -1.743 + (-3.71) + (9.422) + (11.104) \\ &= -28.502 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -16.034 + 2.15 \times -28.082 + 1.3 (1/2 \times -1.743) + (-3.71) + (9.422) + (11.104) \\ &= -87.745 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.017 + -13.249) + 2.15 \times -23.204 + (-3.933) + (10.077) + (14.702) \\ &= -174.494 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.017 + -13.249) + 2.15 \times -23.204 + (14.702) \\ &= -180.637 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.017 + -13.249) + 1.3 \times -1.44 + (-3.933) + (10.077) + (14.702) \\ &= -126.478 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.017 + -13.249) + 2.15 \times -23.204 + 1.3 (1/2 \times -1.44) + (-3.933) + (10.077) + (14.702) \\ &= -175.430 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.3 + 18.315) + 2.15 \times 32.077 + (-6.465) + (17.494) + (-21.575) \\ &= 216.770 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.3 + 18.315) + 2.15 \times 32.077 + (-21.575) \\ &= 205.740 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.3 + 18.315) + 1.3 \times 1.991 + (-6.465) + (17.494) + (-21.575) \\ &= 150.393 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.3 + 18.315) + 2.15 \times 32.077 + 1.3 (1/2 \times 1.991) + (-6.465) + (17.494) + (-21.575) \\ &= 218.064 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 5.343 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8635.416
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2525.287
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-367.093
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6647.137
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1462.657
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	460.475
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	103.188
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	875.434
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	131.469
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	154.228
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	255.198
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	837.395
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

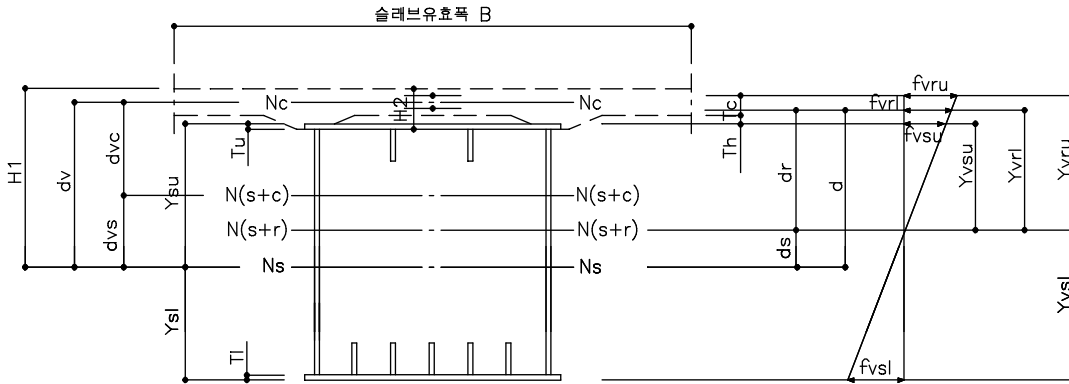
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2481.7	24.0	59561	1212.0	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.0	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	20683	1440.0	29783520	42888268800	-
LOWER RE-BAR	-	-	20683	1290.0	26681070	34418580300	-
RE-BAR 합계			41366		56464590	201561304932	-
1 - RC SLAB	5343.1	250.0	1335772	1375.0	1836686735	2525444260324	6957146723

* As = 197722 mm² , Ac = 1335772 mm² , Ar = 41366 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -48.000 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 44.392 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 26.259 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 239088 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.358 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 244.436 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.358 \text{ mm} \\
 Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.358 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.358 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.642 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 297083540439 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -10.569 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -9.294 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -8.733 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 12.076 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.003 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -27.820 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -24.464 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -22.987 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 31.786 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 20.674 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2를 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -1.536 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -1.351 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.269 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 1.755 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.460 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364693 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.381 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.414 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 281208 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.391 \text{ mm} \quad K = 0.026 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.404 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412926364285 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -787679 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -787679 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -787987045 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.380 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.370 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.365 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.197 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조 수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 253379 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.264 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 312.531 \text{ mm} \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3155762 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3503727532 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr/ Irv = 13.580 \text{ MPa} \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/ Irv = 13.534 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/ Irv = 13.514 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/ Irv = 12.764 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4207682 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3245725585 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr/ Irv - Es \cdot \epsilon_t = -7.248 \text{ MPa} \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/ Irv - Es \cdot \epsilon_t = -7.291 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/ Irv = 17.891 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/ Irv = 17.195 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 55.935 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 38.721 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 57.665 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-48.000	44.392	190.000	190.000
1+2+3	-38.389	-33.757	160.000	-79.719	88.254	190.000	190.000
1+2+3+5	-41.769	-37.127	160.000	-83.085	85.058	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-28.188	-23.593	160.000	-69.570	97.821	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-35.436	-30.883	184.000	-51.680	115.017	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-20.940	-16.302	184.000	-87.461	80.626	218.500	218.500
1+2+4	-12.105	-10.645	200.000	-58.002	58.223	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-39.157	-34.433	200.000	-80.354	89.132	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-42.537	-37.803	200.000	-83.719	85.935	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-28.957	-24.268	200.000	-70.205	98.699	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-36.204	-31.559	216.000	-52.314	115.894	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-21.709	-16.978	216.000	-88.096	81.504	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-83.085}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.935}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.191 + 0.259 = 0.450 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{115.017}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{55.935}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.277 + 0.259 = 0.536 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/44.392)} = 2.069 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/115.894)} = 1.280 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 2.15 \times -27.82 + (-3.38) + (13.58) + (7.248) \\ &= -70.600 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 2.15 \times -27.82 + (7.248) \\ &= -80.800 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 1.3 \times -1.536 + (-3.38) + (13.58) + (7.248) \\ &= -12.785 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 2.15 \times -27.82 + 1.3 (1/2 \times -1.536) + (-3.38) + (13.58) + (7.248) \\ &= -71.598 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48 + -8.733) + 2.15 \times -22.987 + (-3.365) + (13.514) + (17.891) \\ &= -130.916 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48 + -8.733) + 2.15 \times -22.987 + (17.891) \\ &= -141.065 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48 + -8.733) + 1.3 \times -1.269 + (-3.365) + (13.514) + (17.891) \\ &= -83.145 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48 + -8.733) + 2.15 \times -22.987 + 1.3 (1/2 \times -1.269) + (-3.365) + (13.514) + (17.891) \\ &= -131.741 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.392 + 12.076) + 2.15 \times 31.786 + (-3.197) + (12.764) + (-17.195) \\ &= 168.511 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.392 + 12.076) + 2.15 \times 31.786 + (-17.195) \\ &= 158.944 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

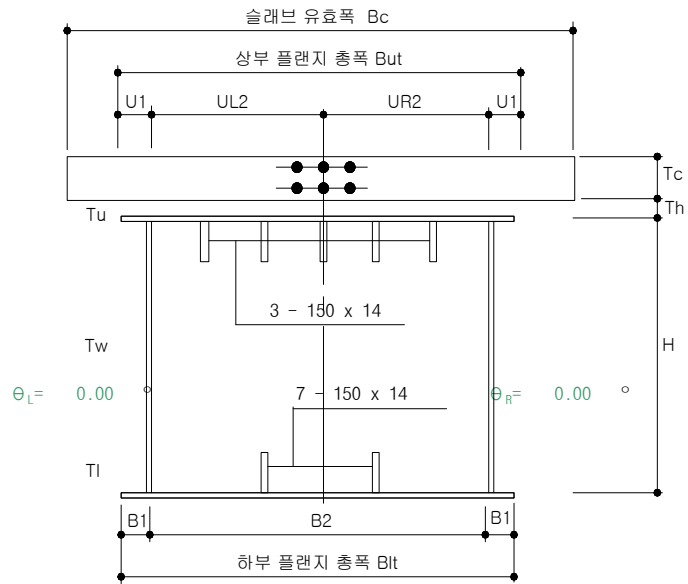
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.392 + 12.076) + 1.3 \times 1.755 + (-3.197) + (12.764) + (-17.195) \\ &= 102.453 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.392 + 12.076) + 2.15 \times 31.786 + 1.3 (1/2 \times 1.755) + (-3.197) + (12.764) + (-17.195) \\ &= 169.652 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 9 > : 절점 24 로 부터 이격 거리 1.894 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.343 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-7985.927
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2361.300
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-362.116
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6522.691
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1582.553
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-490.761
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-103.932
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-898.691
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-186.045
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-171.094
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-257.633
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-841.984
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

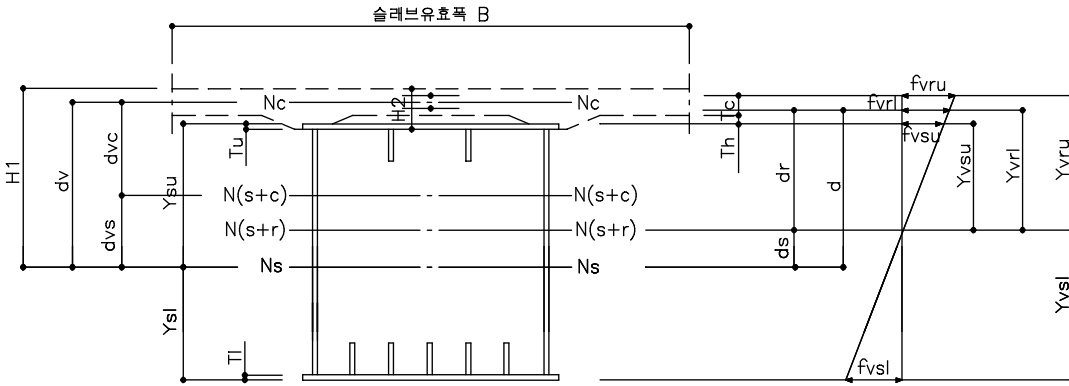
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2481.7	24.0	59561	1212.0	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.0	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	20683	1440.0	29783520	42888268800	-
LOWER RE-BAR	-	-	20683	1290.0	26681070	34418580300	-
RE-BAR 합계			41366		56464590	201561304932	-
1 - RC SLAB	5343.1	250.0	1335772	1375.0	1836686735	2525444260324	6957146723

$$* A_s = 197722 \text{ mm}^2, A_c = 1335772 \text{ mm}^2, A_r = 41366 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s =$	201561304932	+	27693092844	=	229254397776	mm ⁴
$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s =$	-9450000	/	197722	=	-47.794	mm
$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 =$	229254397776	-	197722	$\times$	-47.794^2	= 228802740333 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2400.0	/ 2	+	24.0	-	-47.794 = 1271.794 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1271.794	-	2448.000	=	-1176.206	mm
$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2)$						= 6331488 mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s =$	-44.390					MPa
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s =$	41.053					MPa
$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$					28.699	MPa

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 239088 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.358 \text{ mm} \\ d_s &= d - d_r = 244.436 \text{ mm} \\ Y_{vu} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.358 \text{ mm} \\ Y_{vr} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.358 \text{ mm} \\ Y_{vsu} &= Y_{vr} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.358 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.642 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 297083540439 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -9.883 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -8.690 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -8.166 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 11.292 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.639 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -27.299 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -24.006 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -22.556 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 31.191 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.108 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -1.516 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -1.333 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.252 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 1.732 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.489 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364693 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.381 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.414 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 281208 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.391 \text{ mm} \quad K = 0.063 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.404 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412926364285 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -736529 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -736529 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -736816770 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.275 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.251 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.241 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.859 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조 수축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 253379 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.264 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 312.531 \text{ mm} \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3155762 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3503727532 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr/ Irv = 14.123 \text{ MPa} \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/ Irv = 14.012 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/ Irv = 13.963 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/ Irv = 12.144 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4207682 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3245725585 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr/ Irv - Es \cdot \epsilon_t = -6.745 \text{ MPa} \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/ Irv - Es \cdot \epsilon_t = -6.849 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/ Irv = 18.306 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/ Irv = 16.621 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 59.446 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 41.827 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 61.190 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 24.000 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-44.390	41.053	190.000	190.000
1+2+3	-37.181	-32.696	160.000	-75.112	83.536	190.000	190.000
1+2+3+5	-40.456	-35.947	160.000	-78.353	80.678	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-26.333	-21.936	160.000	-64.390	92.821	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-33.079	-28.784	184.000	-46.084	109.442	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-19.588	-15.087	184.000	-82.696	76.200	218.500	218.500
1+2+4	-11.398	-10.023	200.000	-53.808	54.076	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-37.939	-33.362	200.000	-75.738	84.402	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-41.214	-36.614	200.000	-78.979	81.543	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-27.091	-22.602	200.000	-65.016	93.687	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-33.836	-29.451	216.000	-46.710	110.308	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-20.346	-15.753	216.000	-83.322	77.066	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-78.353}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.446}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.170 + 0.292 = 0.462 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{109.442}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{59.446}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.251 + 0.292 = 0.543 < 1.2 \quad 0.K.$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/41.053)} = 2.151 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/110.308)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.883 + 2.15 \times -27.299 + (-3.275) + (14.123) + (6.745)$$

$$= -67.437 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.883 + 2.15 \times -27.299 + (6.745)$$

$$= -78.285 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.883 + 1.3 \times -1.516 + (-3.275) + (14.123) + (6.745)$$

$$= -10.715 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.883 + 2.15 \times -27.299 + 1.3 (1/2 \times -1.516) + (-3.275) + (14.123) + (6.745)$$

$$= -68.422 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.39 + -8.166) + 2.15 \times -22.556 + (-3.241) + (13.963) + (18.306) \\ &= -124.403 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.39 + -8.166) + 2.15 \times -22.556 + (18.306) \\ &= -135.124 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.39 + -8.166) + 1.3 \times -1.252 + (-3.241) + (13.963) + (18.306) \\ &= -77.534 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.39 + -8.166) + 2.15 \times -22.556 + 1.3 (1/2 \times -1.252) + (-3.241) + (13.963) + (18.306) \\ &= -125.217 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.053 + 11.292) + 2.15 \times 31.191 + (-2.859) + (12.144) + (-16.621) \\ &= 161.016 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.053 + 11.292) + 2.15 \times 31.191 + (-16.621) \\ &= 151.731 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.053 + 11.292) + 1.3 \times 1.732 + (-2.859) + (12.144) + (-16.621) \\ &= 96.206 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.053 + 11.292) + 2.15 \times 31.191 + 1.3 (1/2 \times 1.732) + (-2.859) + (12.144) + (-16.621) \\ &= 162.141 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 5.343 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-7986.166
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2361.436
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-356.828
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6522.737
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1582.570
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	490.787
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	104.109
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	898.445
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	186.206
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	171.137
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	256.592
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	839.801
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

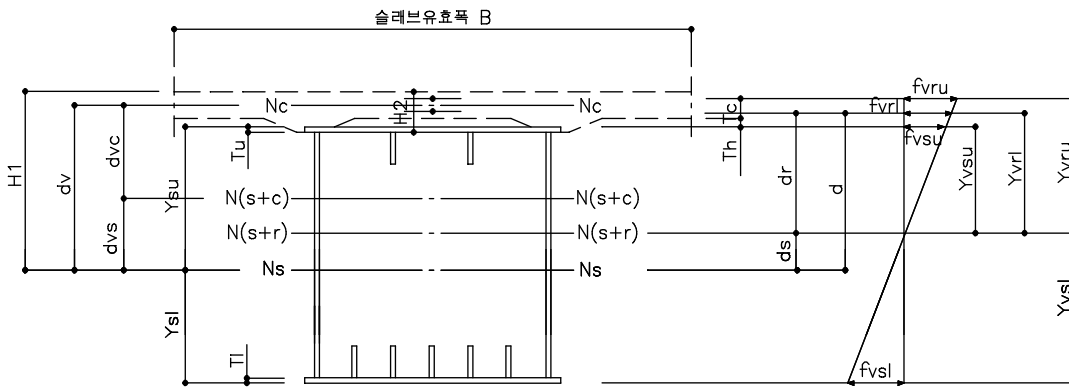
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2481.7	24.0	59561	1212.0	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.0	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	20683	1440.0	29783520	42888268800	-
LOWER RE-BAR	-	-	20683	1290.0	26681070	34418580300	-
RE-BAR 합계			41366		56464590	201561304932	-
1 - RC SLAB	5343.1	250.0	1335772	1375.0	1836686735	2525444260324	6957146723

* As = 197722 mm² , Ac = 1335772 mm² , Ar = 41366 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -44.391 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 41.054 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 28.701 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 239088 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.358 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 244.436 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.358 \text{ mm} \\
 Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.358 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.358 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.642 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 297083540439 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -9.883 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -8.691 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -8.166 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 11.292 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.640 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -27.299 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -24.006 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -22.557 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 31.191 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.089 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2를 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -1.493 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -1.313 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.234 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 1.706 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.485 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364693 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.381 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.414 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 281208 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1000.391 \text{ mm} \quad K = 0.063 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.404 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412926364285 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -736571 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -736571 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -736859207 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.275 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.252 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.241 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.859 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 253379 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.264 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 312.531 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3155762 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3503727532 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/Irv = 14.123 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/Irv = 14.012 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/Irv = 13.963 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/Irv = 12.144 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4207682 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3245725585 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/Irv - Es \cdot \epsilon_t = -6.745 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/Irv - Es \cdot \epsilon_t = -6.849 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Irv = 18.306 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Irv = 16.621 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 59.429 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 41.825 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw+(Mst/(2F Tw)+(Msct+Mwt/2+Mvt)/(2FvTw))= 61.172 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$fta = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 24.000 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-44.391	41.054	190.000	190.000
1+2+3	-37.182	-32.696	160.000	-75.114	83.538	190.000	190.000
1+2+3+5	-40.457	-35.948	160.000	-78.355	80.679	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-26.334	-21.937	160.000	-64.392	92.823	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-33.080	-28.785	184.000	-46.086	109.444	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-19.589	-15.088	184.000	-82.698	76.202	218.500	218.500
1+2+4	-11.377	-10.004	200.000	-53.791	54.053	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-37.929	-33.353	200.000	-75.731	84.391	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-41.204	-36.605	200.000	-78.972	81.533	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-27.081	-22.593	200.000	-65.009	93.676	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-33.826	-29.442	216.000	-46.703	110.297	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-20.336	-15.745	216.000	-83.315	77.055	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-78.355}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.429}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.170 + 0.292 = 0.462 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{109.444}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{59.429}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.251 + 0.292 = 0.543 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/41.054)} = 2.151 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/110.297)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -9.883 + 2.15 \times -27.299 + (-3.275) + (14.123) + (6.745) \\ &= -67.438 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -9.883 + 2.15 \times -27.299 + (6.745) \\ &= -78.286 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -9.883 + 1.3 \times -1.493 + (-3.275) + (14.123) + (6.745) \\ &= -10.687 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -9.883 + 2.15 \times -27.299 + 1.3 (1/2 \times -1.493) + (-3.275) + (14.123) + (6.745) \\ &= -68.409 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.391 + -8.166) + 2.15 \times -22.557 + (-3.241) + (13.963) + (18.306) \\ &= -124.406 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.391 + -8.166) + 2.15 \times -22.557 + (18.306) \\ &= -135.127 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.391 + -8.166) + 1.3 \times -1.234 + (-3.241) + (13.963) + (18.306) \\ &= -77.513 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-44.391 + -8.166) + 2.15 \times -22.557 + 1.3 (1/2 \times -1.234) + (-3.241) + (13.963) + (18.306) \\ &= -125.208 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.054 + 11.292) + 2.15 \times 31.191 + (-2.859) + (12.144) + (-16.621) \\ &= 161.018 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.054 + 11.292) + 2.15 \times 31.191 + (-16.621) \\ &= 151.734 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.054 + 11.292) + 1.3 \times 1.706 + (-2.859) + (12.144) + (-16.621) \\ &= 96.175 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (41.054 + 11.292) + 2.15 \times 31.191 + 1.3 (1/2 \times 1.706) + (-2.859) + (12.144) + (-16.621) \\ &= 162.127 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 5.343 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8635.753
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2525.347
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-366.740
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6647.610
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1462.703
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-460.483
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-102.658
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-875.301
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-131.549
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-154.330
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-257.033
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-834.951
t _{cu} , t _{cl} : 코축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

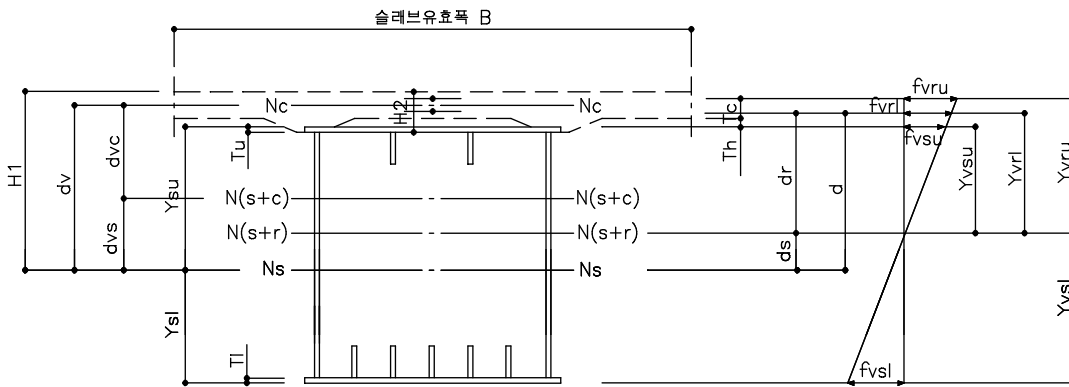
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2481.7	24.0	59561	1212.0	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.0	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	20683	1440.0	29783520	42888268800	-
LOWER RE-BAR	-	-	20683	1290.0	26681070	34418580300	-
RE-BAR 합계			41366		56464590	201561304932	-
1 - RC SLAB	5343.1	250.0	1335772	1375.0	1836686735	2525444260324	6957146723

* As = 197722 mm² , Ac = 1335772 mm² , Ar = 41366 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -48.002 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 44.394 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 26.260 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 239088 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.358 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 244.436 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.358 \text{ mm} \\
 Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.358 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.358 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.642 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 297083540439 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -10.569 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -9.294 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -8.733 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 12.076 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.004 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -27.822 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -24.465 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -22.988 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 31.789 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 20.656 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2를 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -1.535 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -1.350 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.268 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 1.754 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.463 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364693 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.381 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.414 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 281208 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.391 \text{ mm} \quad K = 0.026 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.404 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412926364285 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -787698 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -787698 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -788005767 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.380 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.370 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.365 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.197 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 253379 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.264 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 312.531 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3155762 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3503727532 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/Irv = 13.580 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/Irv = 13.534 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/Irv = 13.514 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/Irv = 12.764 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4207682 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3245725585 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/Irv - Es \cdot \epsilon_t = -7.248 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/Irv - Es \cdot \epsilon_t = -7.291 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Irv = 17.891 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Irv = 17.195 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 55.919 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 38.726 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw)) = 57.651 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-48.002	44.394	190.000	190.000
1+2+3	-38.391	-33.759	160.000	-79.723	88.259	190.000	190.000
1+2+3+5	-41.771	-37.129	160.000	-83.089	85.062	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-28.191	-23.595	160.000	-69.574	97.825	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-35.439	-30.885	184.000	-51.684	115.021	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-20.943	-16.304	184.000	-87.465	80.630	218.500	218.500
1+2+4	-12.104	-10.644	200.000	-58.003	58.224	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-39.158	-34.434	200.000	-80.357	89.135	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-42.539	-37.804	200.000	-83.723	85.939	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-28.958	-24.270	200.000	-70.208	98.702	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-36.206	-31.560	216.000	-52.318	115.898	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-21.710	-16.979	216.000	-88.099	81.507	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-83.089}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.919}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.191 + 0.258 = 0.450 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{115.021}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{55.919}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.277 + 0.258 = 0.536 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/44.394)} = 2.069 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/115.898)} = 1.280 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 2.15 \times -27.822 + (-3.38) + (13.58) + (7.248) \\ &= -70.604 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 2.15 \times -27.822 + (7.248) \\ &= -80.804 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 1.3 \times -1.535 + (-3.38) + (13.58) + (7.248) \\ &= -12.783 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.569 + 2.15 \times -27.822 + 1.3 (1/2 \times -1.535) + (-3.38) + (13.58) + (7.248) \\ &= -71.602 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48.002 + -8.733) + 2.15 \times -22.988 + (-3.365) + (13.514) + (17.891) \\ &= -130.922 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48.002 + -8.733) + 2.15 \times -22.988 + (17.891) \\ &= -141.071 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48.002 + -8.733) + 1.3 \times -1.268 + (-3.365) + (13.514) + (17.891) \\ &= -83.146 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-48.002 + -8.733) + 2.15 \times -22.988 + 1.3 (1/2 \times -1.268) + (-3.365) + (13.514) + (17.891) \\ &= -131.746 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.394 + 12.076) + 2.15 \times 31.789 + (-3.197) + (12.764) + (-17.195) \\ &= 168.519 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.394 + 12.076) + 2.15 \times 31.789 + (-17.195) \\ &= 158.952 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

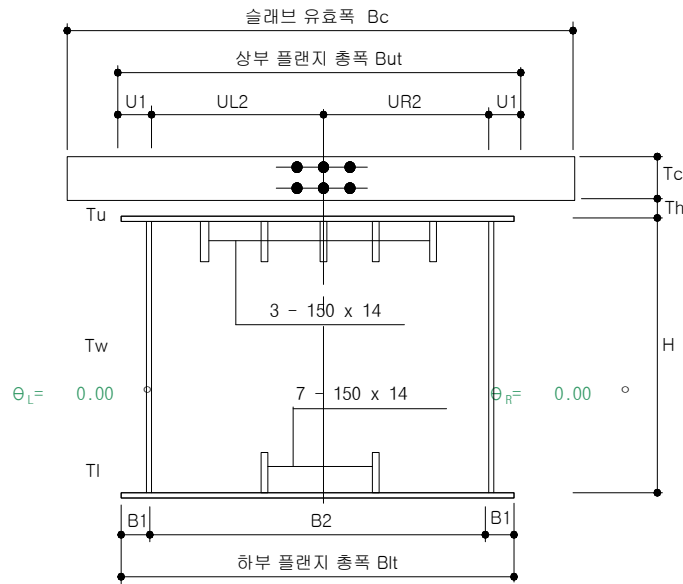
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.394 + 12.076) + 1.3 \times 1.754 + (-3.197) + (12.764) + (-17.195) \\ &= 102.453 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (44.394 + 12.076) + 2.15 \times 31.789 + 1.3 (1/2 \times 1.754) + (-3.197) + (12.764) + (-17.195) \\ &= 169.659 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

< S P L I C E - 16 > : 절점 43 로 부터 이격 거리 3.156 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.335 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Bit= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-13661.389
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3826.105
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-416.954
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6701.429
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1706.462
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	526.356
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	112.267
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	897.435
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	102.025
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	137.664
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	247.534
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	837.834
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

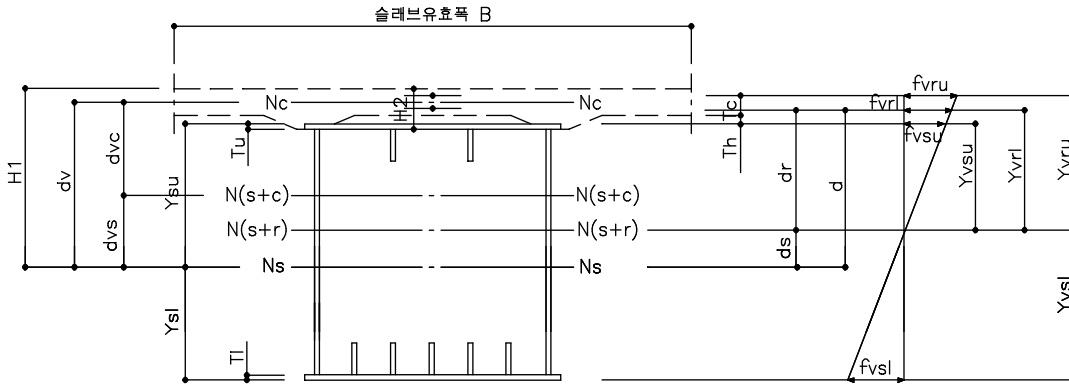
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738880	42823987200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26641080	34366993200	-
RE-BAR 합계			41304		56379960	201349317628	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

* As = 197577 mm² , Ac = 1333733 mm² , Ar = 41304 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201349317628 + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197577 = -47.829 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229042403545 - 197577 \times (-47.829)^2 = 228590416206 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.829) = 1271.829 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -76.009 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 70.292 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 30.297 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 238881 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.543 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 244.286 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.543 \text{ mm} \\
 Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.543 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.543 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.457 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 296781324002 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -16.032 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -14.098 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -13.247 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 18.313 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.038 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -28.080 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -24.693 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -23.202 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 32.074 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.059 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2를 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -1.747 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -1.536 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.444 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 1.996 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.568 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364294 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.681 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.148 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 280936 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.652 \text{ mm} \quad K = -0.257 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.177 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412508768445 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1193275 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1193275 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1194053664 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.709 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.865 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.933 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -6.464 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 253150 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.485 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 312.344 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3150945 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3499077721 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 9.422 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 9.877 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 10.077 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 17.494 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4201259 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3242033856 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -11.104 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \epsilon t = -10.683 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 14.702 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 21.575 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 61.395 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 43.903 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw+(Mst/(2F Tw)+(Msct+Mwt/2+Mvt)/(2FvTw))= 63.178 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-76.009	70.292	190.000	190.000
1+2+3	-44.111	-38.791	160.000	-112.458	120.679	190.000	190.000
1+2+3+5	-47.821	-42.655	160.000	-116.391	114.215	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-38.398	-32.778	160.000	-106.314	131.710	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-49.502	-43.461	184.000	-91.612	153.285	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-27.294	-22.095	184.000	-121.017	110.135	218.500	218.500
1+2+4	-17.779	-15.634	200.000	-90.700	90.600	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-44.985	-39.559	200.000	-113.180	121.677	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-48.694	-43.423	200.000	-117.113	115.213	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-39.272	-33.546	200.000	-107.036	132.707	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-50.376	-44.229	216.000	-92.334	154.283	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-28.168	-22.863	216.000	-121.739	111.132	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-116.391}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.395}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.375 + 0.312 = 0.687 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{153.285}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{61.395}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.492 + 0.312 = 0.804 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/70.292)} = 1.644 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.110) = 9.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/154.283)} = 1.110 < 1.2 \Rightarrow 1.110$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

+ 1.3 × 1/2 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -16.032 + 2.15 \times -28.08 + (-3.709) + (9.422) + (11.104)$$

$$= -86.604 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -16.032 + 2.15 \times -28.08 + (11.104)$$

$$= -92.317 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -16.032 + 1.3 \times -1.747 + (-3.709) + (9.422) + (11.104)$$

$$= -28.503 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -16.032 + 2.15 \times -28.08 + 1.3 (1/2 \times -1.747) + (-3.709) + (9.422) + (11.104)$$

$$= -87.739 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.009 + -13.247) + 2.15 \times -23.202 + (-3.933) + (10.077) + (14.702) \\ &= -174.476 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.009 + -13.247) + 2.15 \times -23.202 + (14.702) \\ &= -180.620 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.009 + -13.247) + 1.3 \times -1.444 + (-3.933) + (10.077) + (14.702) \\ &= -126.468 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-76.009 + -13.247) + 2.15 \times -23.202 + 1.3 (1/2 \times -1.444) + (-3.933) + (10.077) + (14.702) \\ &= -175.415 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.292 + 18.313) + 2.15 \times 32.074 + (-6.464) + (17.494) + (-21.575) \\ &= 216.752 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.292 + 18.313) + 2.15 \times 32.074 + (-21.575) \\ &= 205.721 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.292 + 18.313) + 1.3 \times 1.996 + (-6.464) + (17.494) + (-21.575) \\ &= 150.386 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (70.292 + 18.313) + 2.15 \times 32.074 + 1.3 (1/2 \times 1.996) + (-6.464) + (17.494) + (-21.575) \\ &= 218.049 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 5.335 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-12012.730
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3369.451
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-419.809
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6692.536
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-2011.506
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-611.073
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-112.294
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-897.341
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-306.167
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-240.744
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-346.217
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-923.323
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

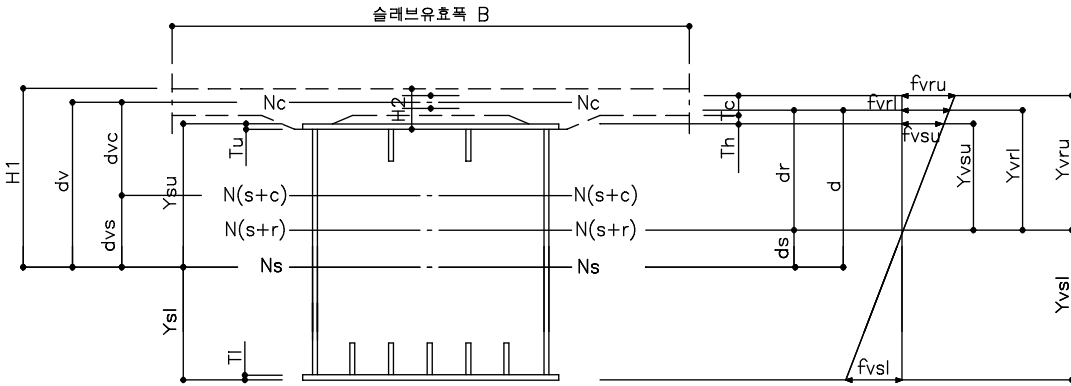
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.0	72100327	87385596314	2855458
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.0	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2478.7	24.0	59489	-1212.0	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	20652	1440.0	29738880	42823987200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20652	1290.0	26641080	34366993200	-
RE-BAR 합계			41304		56379960	201349317628	-
1 - RC SLAB	5334.9	250.0	1333733	1375.0	1833883071	2521589222066	6946526783

$$* A_s = 197577 \text{ mm}^2, A_c = 1333733 \text{ mm}^2, A_r = 41304 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s =$	201349317628 +	27693085917 =	229042403545	mm ⁴
$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s =$	-9450000 /	197577 =	-47.829	mm
$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 =$	229042403545 -	197577 ×	-47.829 ² =	228590416206 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2400.0 / 2	+ 24.0 -	-47.829 =	1271.829 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1271.829 -	2448.000 =	-1176.171	mm
$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2)$			=	6331488 mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s =$	-66.836	MPa		
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s =$	61.809	MPa		
$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$		36.937	MPa	

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 238881 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1168.543 \text{ mm} \\ d_s &= d - d_r = 244.286 \text{ mm} \\ Y_{vu} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1243.543 \text{ mm} \\ Y_{vr} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1093.543 \text{ mm} \\ Y_{vsu} &= Y_{vr} - t_{cl} - T_h + T_u = 1027.543 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1420.457 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 296781324002 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -14.118 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -12.415 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -11.666 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 16.127 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.183 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -28.042 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -24.660 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -23.171 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 32.032 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 21.616 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2를 적용

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -1.759 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -1.547 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.454 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 2.009 \text{ MPa} \\
u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.213 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 364294 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 771.681 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 651.148 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 280936 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1000.652 \text{ mm} \quad K = -0.158 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 422.177 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 412508768445 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1050855 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1050855 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1051540748 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.703 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.787 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.824 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -5.194 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 253150 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1110.485 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 312.344 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3150945 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3499077721 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/Irv = 10.874 \text{ MPa}$$

$$fvrl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/Irv = 11.153 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/Irv = 11.276 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/Irv = 15.836 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4201259 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3242033856 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/Irv - Es \cdot \epsilon_t = -9.759 \text{ MPa}$$

$$frlt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/Irv - Es \cdot \epsilon_t = -9.500 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Irv = 15.814 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Irv = 20.039 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 70.736 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 53.333 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw+(Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 FvTw))= 72.843 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(9) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 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)

$$fta = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.000 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (㉠ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-66.836	61.809	190.000	190.000
1+2+3	-42.161	-37.075	160.000	-101.674	109.968	190.000	190.000
1+2+3+5	-45.864	-40.862	160.000	-105.498	104.774	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-34.990	-29.709	160.000	-94.221	120.610	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-44.749	-39.209	184.000	-78.408	140.649	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-25.231	-20.208	184.000	-110.035	100.571	218.500	218.500
1+2+4	-15.877	-13.962	200.000	-79.956	79.946	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-43.040	-37.849	200.000	-102.401	110.973	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-46.743	-41.635	200.000	-106.224	105.778	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-35.869	-30.482	200.000	-94.948	121.615	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-45.628	-39.982	216.000	-79.134	141.654	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-26.110	-20.982	216.000	-110.762	101.576	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (㉠ 도.설 3.9.3.1 참조)

(10) 합성응력의 검토 (㉠ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-105.498}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{70.736}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.308 + 0.414 = 0.722 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{140.649}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{70.736}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.414 + 0.414 = 0.828 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(11) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/61.809)} = 1.753 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b / (220 \times 1.158) = 9.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/141.654)} = 1.158 < 1.2 \Rightarrow 1.158$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력} \\ &+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서} \\ &\text{가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

· 활하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력} \\ &+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력} \\ &\text{의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토} \end{aligned}$$

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -14.118 + 2.15 \times -28.042 + (-3.703) + (10.874) + (9.759) \\ &= -81.233 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -14.118 + 2.15 \times -28.042 + (9.759) \\ &= -88.404 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -14.118 + 1.3 \times -1.759 + (-3.703) + (10.874) + (9.759) \\ &= -23.229 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -14.118 + 2.15 \times -28.042 + 1.3 (1/2 \times -1.759) + (-3.703) + (10.874) + (9.759) \\ &= -82.376 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-66.836 + -11.666) + 2.15 \times -23.171 + (-3.824) + (11.276) + (15.814) \\ &= -160.233 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-66.836 + -11.666) + 2.15 \times -23.171 + (15.814) \\ &= -167.685 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-66.836 + -11.666) + 1.3 \times -1.454 + (-3.824) + (11.276) + (15.814) \\ &= -112.304 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-66.836 + -11.666) + 2.15 \times -23.171 + 1.3 (1/2 \times -1.454) + (-3.824) + (11.276) + (15.814) \\ &= -161.178 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (61.809 + 16.127) + 2.15 \times 32.032 + (-5.194) + (15.836) + (-20.039) \\ &= 200.867 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (61.809 + 16.127) + 2.15 \times 32.032 + (-20.039) \\ &= 190.225 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

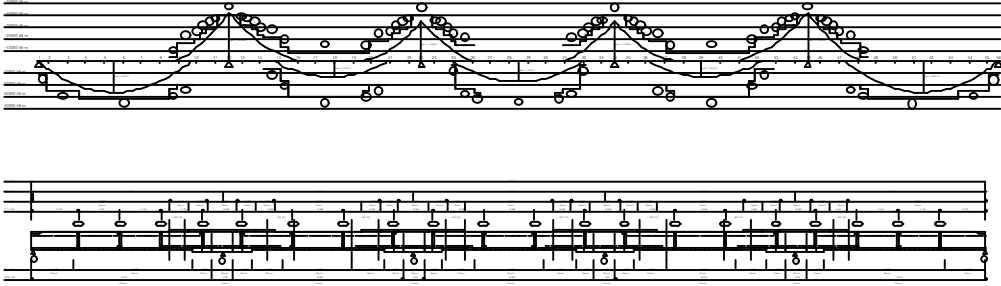
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (61.809 + 16.127) + 1.3 \times 2.009 + (-5.194) + (15.836) + (-20.039) \\ &= 134.610 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

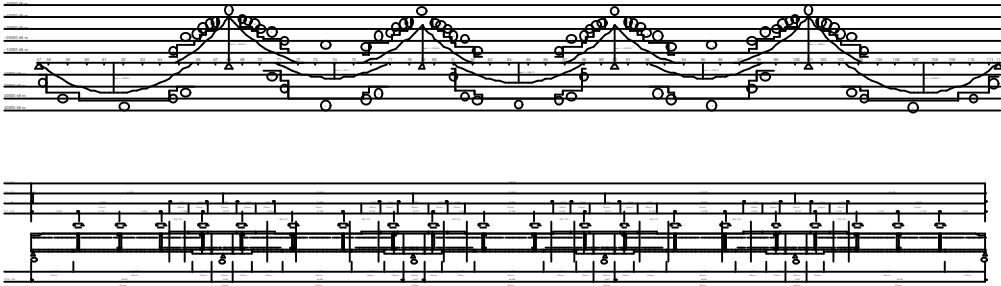
$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (61.809 + 16.127) + 2.15 \times 32.032 + 1.3 (1/2 \times 2.009) + (-5.194) + (15.836) + (-20.039) \\ &= 202.173 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

4.7 단면 요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



5.이음부의 설계

5.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 1 거더:1

합성 전 휨모멘트 : $M_s = 12196.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성 후 휨모멘트 : $M_v = 10092.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성 전 전단력 : $S_s = 558.774 \text{ kN}$

합성 후 전단력 : $S_v = 660.388 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1361.470 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 134.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -133.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

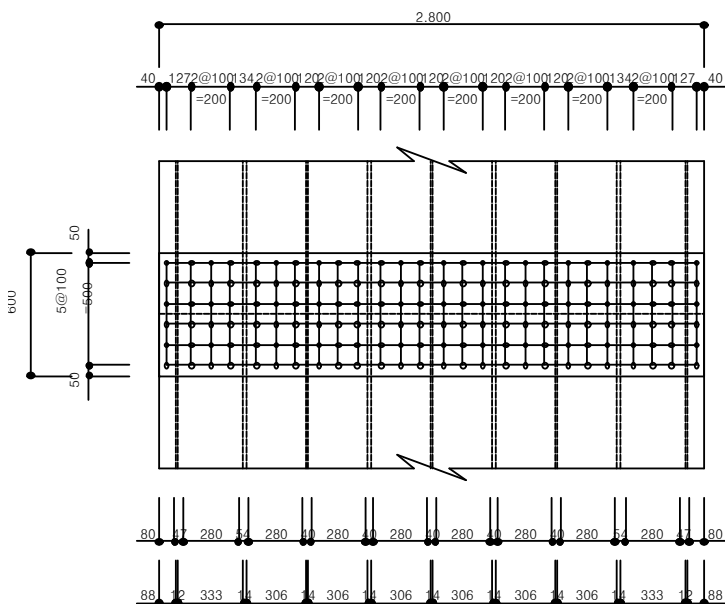
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 134.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.588\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{6.604\text{E}+05 \times 1.624\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5937 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(558.77 kN) , S_v : 합성후 전단력(660.39 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (489.26 - 6.0) = 16237637 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

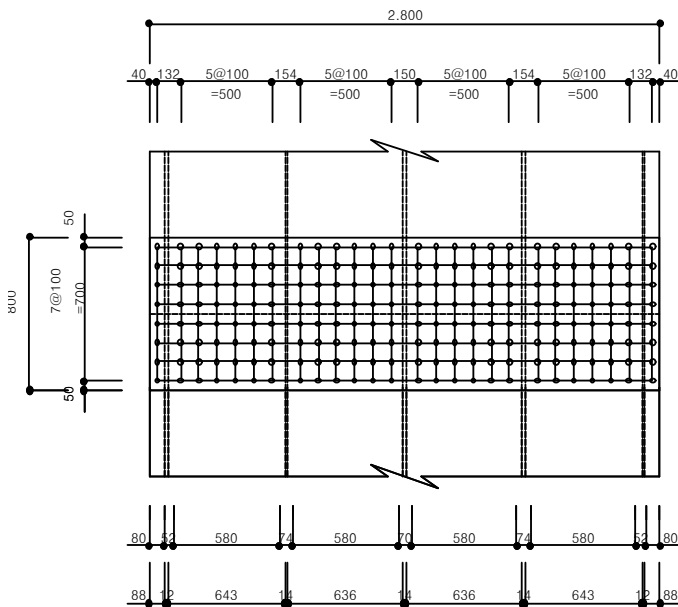
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 5936.7^2)} = 61671.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 133.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < p_a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ = \left(\frac{5.588\text{E}+05 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{6.604\text{E}+05 \times 9.736\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9693 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(558.774 kN) , S_v : 합성후 전단력(660.388 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1940.74 - 9.0) = 97359545 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$p = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 9692.5^2)} = 69734.6 \text{ N/EA} < p_a, \quad \text{O.K}$$

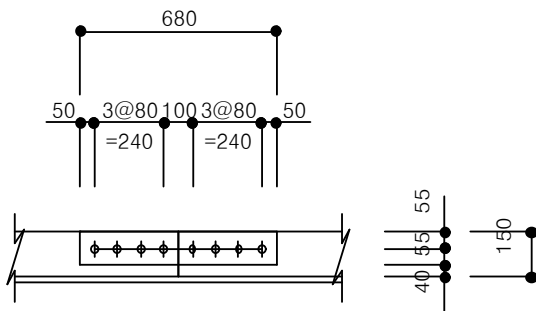
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

모재의 응력 $f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$

② 이음판의 결정

필요단면적 : $A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$

사용이음판 : 2-PL 110 × 12 × 680 = 2640.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

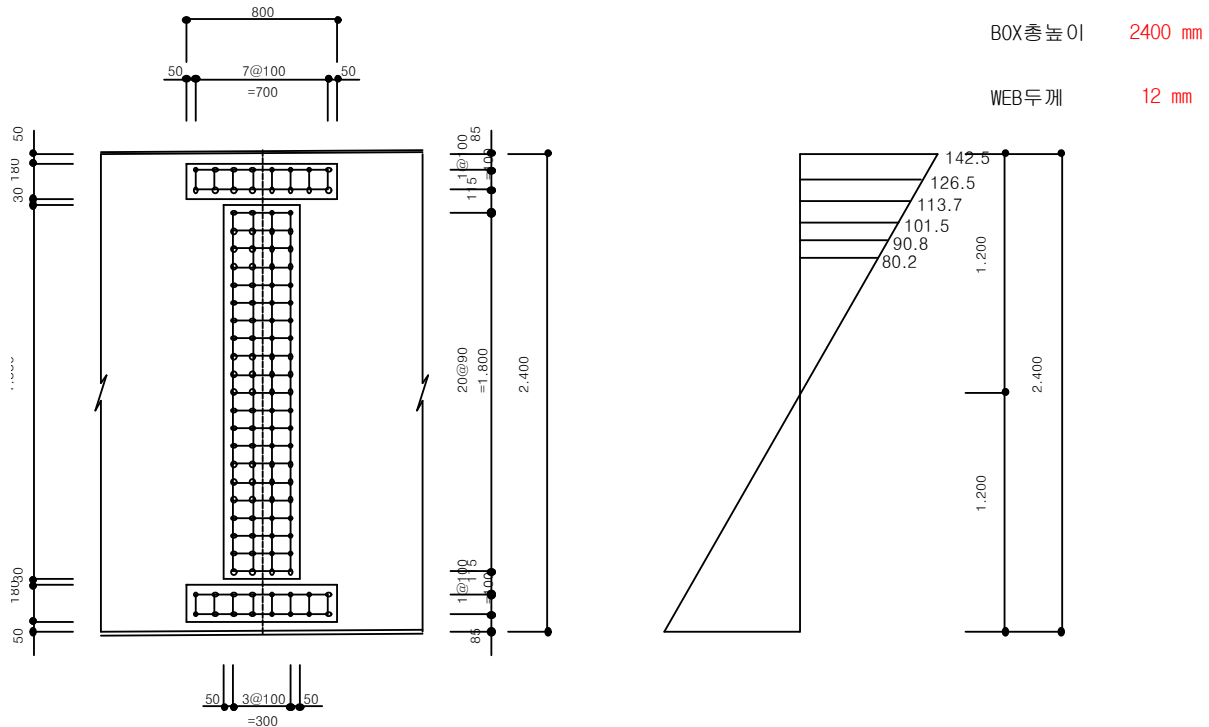
$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$

이음판의 응력 $f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} \quad 0.K$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht), \quad \tau_t = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1219.2 \times 1000}{2} + \frac{1361.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 15003.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 15003.4^2)} = 67863.8 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 29626309531 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12196.0 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 962.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 10092.8 \times \frac{2.96263E+10}{3.62412E+11} = 825.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 12196.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10092.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 4.37652E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 489.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1940.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{962.454 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{825.062 \times 1000000}{43765183715} \times 489.263 \\
 &= 63.825 + 9.224 = 73.048 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{962.454 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{825.062 \times 1000000}{43765183715} \times 1940.737 \\
 &= 57.397 + 36.587 = 93.984 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{190.0} = 25456.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25456.6 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{52000.0} = 93.014 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{78 \text{ EA}} = 62009.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.015\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{4.828\text{E}+05 \times 1.624\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3407 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(301.50 kN) , S_v : 합성후 전단력(482.79 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (489.26 - 6.0) = 16237637 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

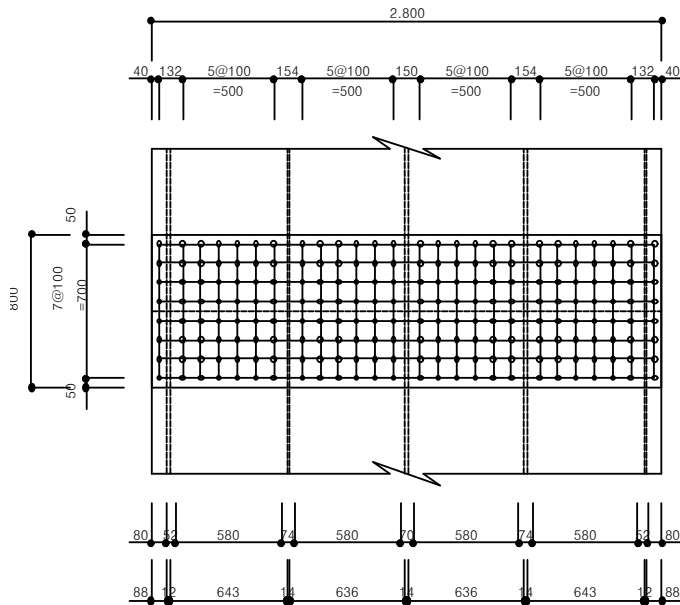
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(62009.7^2 + 3406.7^2)} = 62103.2 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 154.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 154.6 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 154.6}{96000.0} \approx 82 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 154.6}{190.0} = 41020.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 41020.3 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 154.6}{55720.0} = 139.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 154.6}{104 \text{ EA}} = 74940.9 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.015E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{4.828E+05 \times 9.736E+07}{3.62412E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6145 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(301.503 kN) , S_v : 합성후 전단력(482.788 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1940.74 - 9.0) = 97359545 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(74940.9^2 + 6144.5^2)} = 75192.4 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

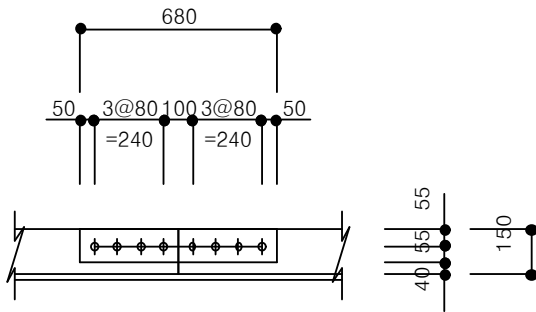
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{50400.0 \times 154.6}{38700.0} = 201.4 > f_a \quad N.G$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 154.6}{96000.0} \approx 3.4 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 154.6}{190.0} = 1709.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

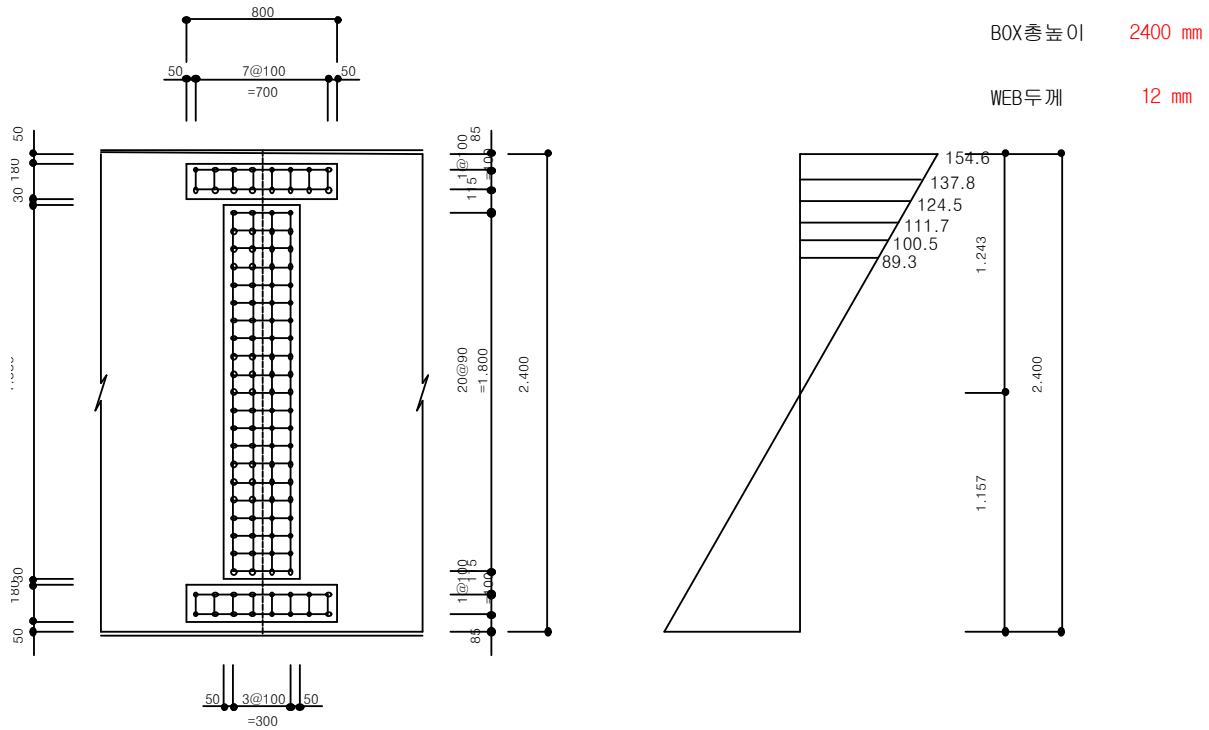
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1709.2 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 154.6}{2040.00} = 159.2 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1243$ mm

$$f_1 = f_l = 154.640 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 137.844 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 124.470 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 111.718 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 100.520 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 89.323 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{154.640 + 137.844}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 59228.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{137.844 + 124.470}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 42298.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{124.470 + 111.718}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 72627.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{111.718 + 100.520}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 57304.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{100.520 + 89.323}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51257.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{784.3 \times 1000}{2} + \frac{647.1 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 8896.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(72628^2 + 8896.7^2)} = 73170.7 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 29626309531 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw'}}{I_s} = 13647.4 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 1077.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 12223.1 \times \frac{2.96263E+10}{3.62412E+11} = 999.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 13647.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 12223.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 4.37652E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 489.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1940.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu}$$

$$= \frac{1076.992 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{999.209 \times 1000000}{43765183715} \times 489.263$$

$$= 71.420 + 11.170 = 82.591 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1076.992 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{999.209 \times 1000000}{43765183715} \times 1940.737$$

$$= 64.228 + 44.309 = 108.537 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.121\text{E}+06 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{9.522\text{E}+05 \times 1.624\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 11313 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1121.23 kN) , S_v : 합성후 전단력(952.19 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (489.26 - 6.0) = 16237637 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

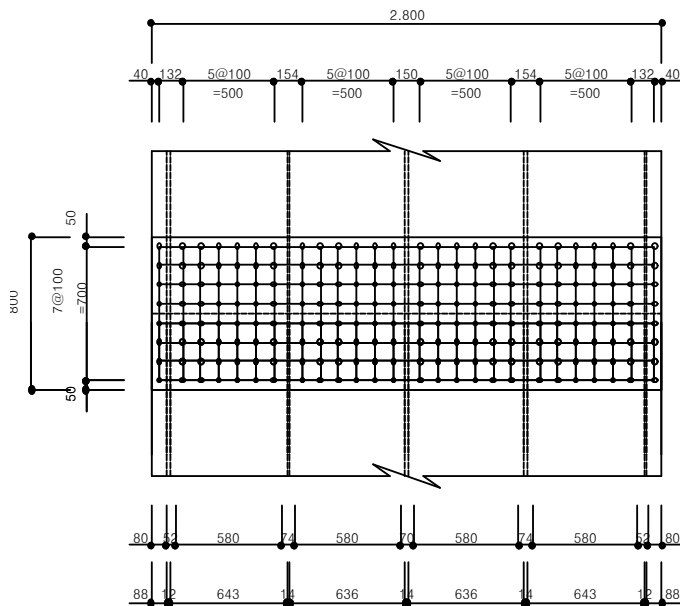
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 11312.7^2)} = 62418.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 81.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재 두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재 길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < p_a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{1.121\text{E}+06 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{9.522\text{E}+05 \times 9.736\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 16752 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1121.230 kN) , S_v : 합성후 전단력(952.187 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1940.74 - 9.0) = 97359545 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$p = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 16751.5^2)} = 71060.4 \text{ N/EA} < p_a \quad \text{O.K}$$

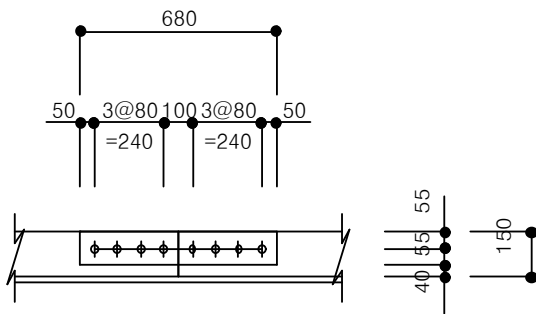
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 110 × 12 × 680 = 2640.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

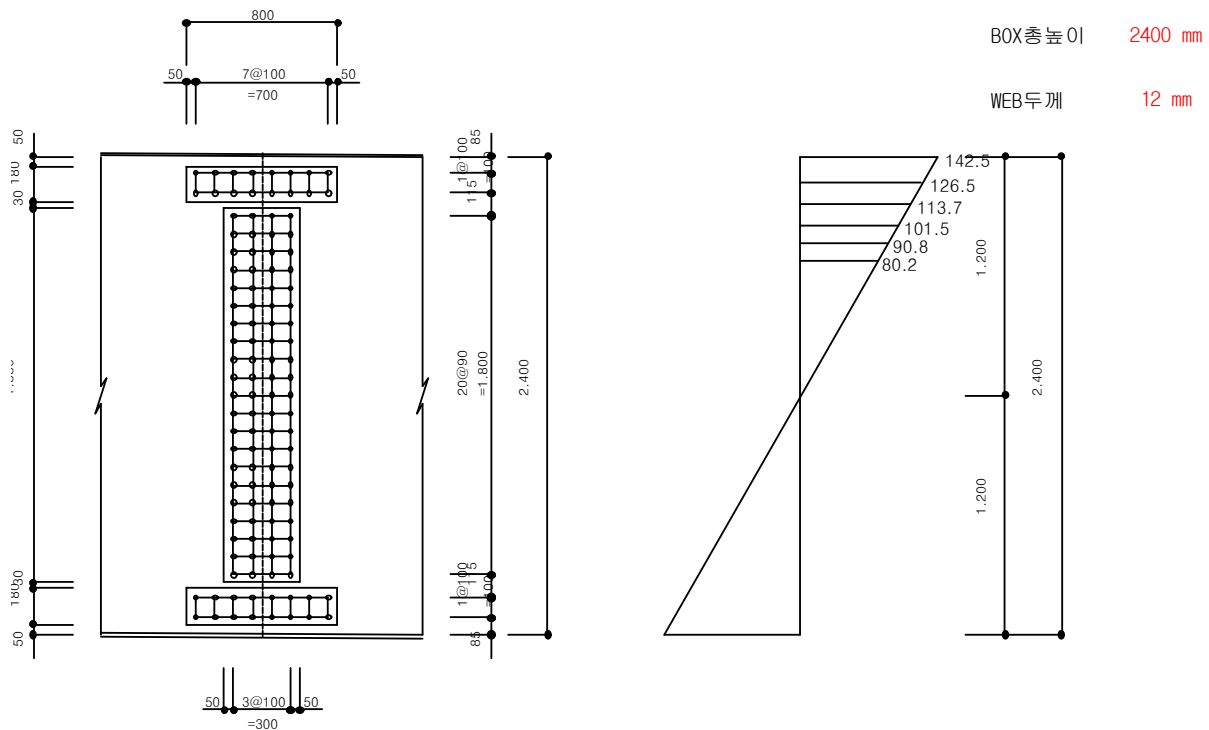
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200 \text{ mm}$

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2073.4 \times 1000}{2} + \frac{1449.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 22658.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 22658.1^2)} = 69955.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 29626309531 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5701.2 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 449.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8309.1 \times \frac{2.96263E+10}{3.62412E+11} = 679.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 5701.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8309.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 4.37652E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 489.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1940.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{449.914 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{679.245 \times 1000000}{43765183715} \times 489.263 \\
 &= 29.836 + 7.593 = 37.429 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \\
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{449.914 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{679.245 \times 1000000}{43765183715} \times 1940.737 \\
 &= 26.831 + 30.121 = 56.952 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

4) SPLICE - 4 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -12011.100 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -10272.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 2011.390 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1564.270 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1644.280 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -106.2 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 141.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

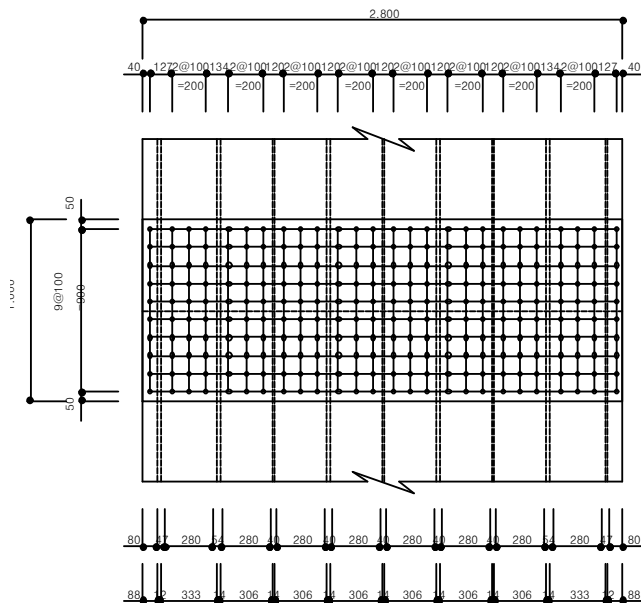
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 141.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.011\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.564\text{E}+06 \times 9.465\text{E}+07}{2.96780\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 25571 \text{ N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(2011.39 kN) , Sv : 합성후 전단력(1564.27 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.45 - 12.0) = 94647840 \text{ mm}^3$$

I_s,I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.96780\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

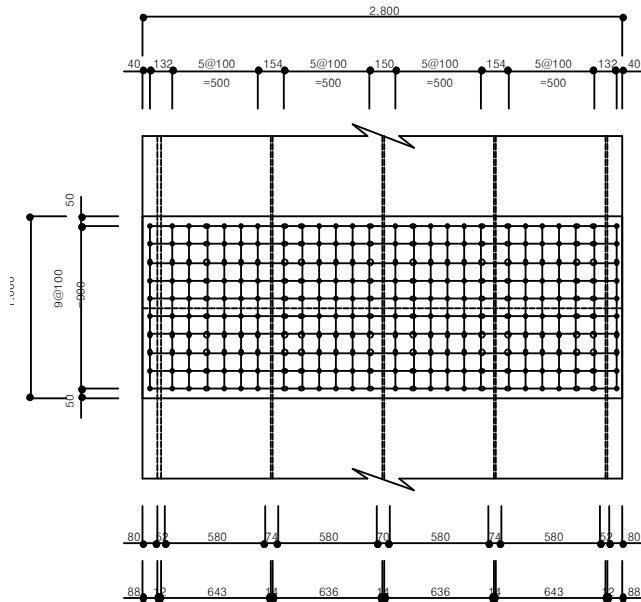
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 25571.4^2)} = 77973.8 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 106.2 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p_a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{2.011\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.564\text{E}+06 \times 6.824\text{E}+07}{2.96780\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 23792 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(2011.390 kN) , S_v : 합성후 전단력(1564.270 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.55 - 12.0) = 68244960 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.96780\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 23792.3^2)} = 77408.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad \text{O.K}$$

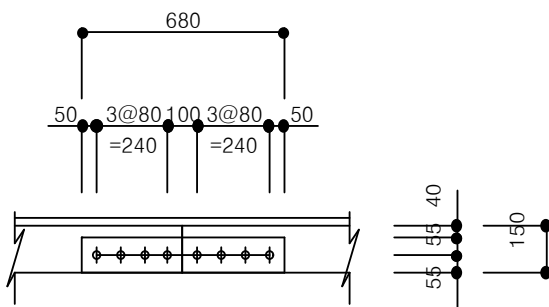
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

모재의 응력 $f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

필요단면적 : $A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$

사용이음판 : 2-PL 110 × 12 × 680 = 2640.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$

이음판의 응력 $f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} \quad 0.K$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3575.7 \times 1000}{2} + \frac{1644.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 36251.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 36251.5^2)} = 75462.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 13840354624 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 15223628232 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12011.1 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 727.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 10272.6 \times \frac{1.52236E+10}{2.96780E+11} = 526.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 12011.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10272.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 2.96780E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 2.13610E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.5 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{727.230 \times 1000000}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{526.943 \times 1000000}{21361012805} \times 1027.550 \\
 &= 48.149 + 25.348 = 73.497 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \\
 \\
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{727.230 \times 1000000}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{526.943 \times 1000000}{21361012805} \times 1420.450 \\
 &= 44.528 + 35.040 = 79.568 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

5) SPLICE - 5 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -13662.900 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -10736.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1706.580 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1480.170 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1200.840 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -117.1 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 154.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

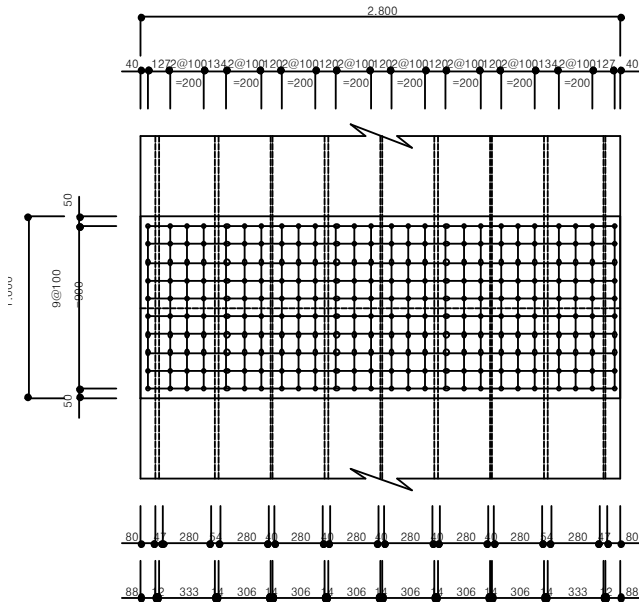
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 154.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 154.3 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{96000.0} \approx 109 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{190.0} = 54569.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 54569.6 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{93600.0} = 110.772 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{130 \text{ EA}} = 79755.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.707\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.480\text{E}+06 \times 9.465\text{E}+07}{2.96780\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 22747 \text{ N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(1706.58 kN) , Sv : 합성후 전단력(1480.17 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.45 - 12.0) = 94647840 \text{ mm}^3$$

I_s,I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.96780\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

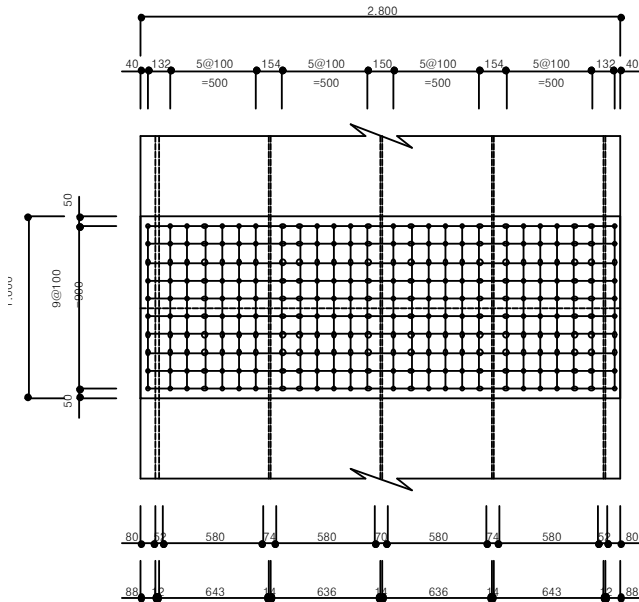
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(79755.5^2 + 22746.9^2)} = 82935.9 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 117.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께: } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이: } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p_a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{1.707\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.480\text{E}+06 \times 6.824\text{E}+07}{2.96780\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20944 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1706.580 kN) , S_v : 합성후 전단력(1480.170 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.55 - 12.0) = 68244960 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 2.96780\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$p = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 20944.3^2)} = 76581.3 \text{ N/EA} < p_a, \quad \text{O.K}$$

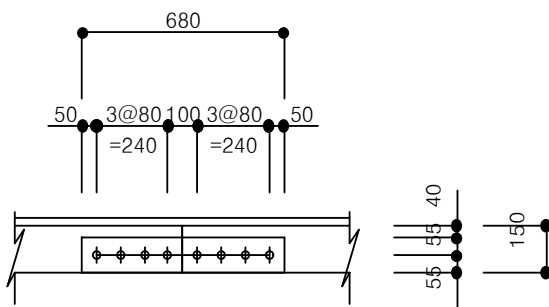
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

모재의 응력 $f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$

② 이음판의 결정

필요단면적 : $A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$

사용이음판 : $2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

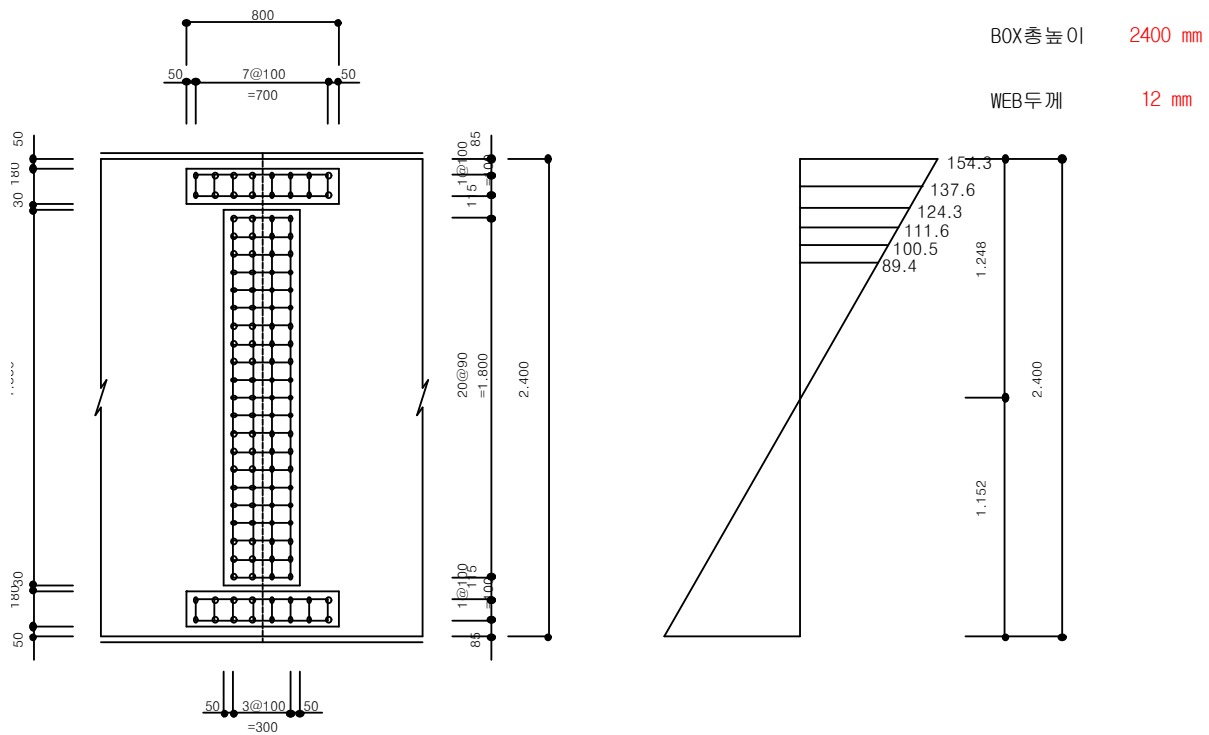
$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$

이음판의 응력 $f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} \quad 0.K$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1248$ mm

$$f_1 = f_l = 154.289 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 137.595 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 124.301 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 111.626 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 100.496 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 89.366 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{154.289 + 137.595}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 59106.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{137.595 + 124.301}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 42230.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{124.301 + 111.626}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 72547.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{111.626 + 100.496}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 57272.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{100.496 + 89.366}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51262.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3186.8 \times 1000}{2} + \frac{1200.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 31435.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(72548^2 + 31435.3^2)} = 79065.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 13840354624 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 15223628232 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13662.9 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 827.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 10736.6 \times \frac{1.52236E+10}{2.96780E+11} = 550.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 13662.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10736.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 2.96780E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 2.13610E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.5 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{827.241 \times 1000000}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{550.745 \times 1000000}{21361012805} \times 1027.550 \\
 &= 54.771 + 26.493 = 81.264 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{827.241 \times 1000000}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{550.745 \times 1000000}{21361012805} \times 1420.450 \\
 &= 50.651 + 36.623 = 87.274 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

6) SPLICE - 6 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 2401.970 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6640.320 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 604.550 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 754.371 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 790.704 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 56.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -55.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

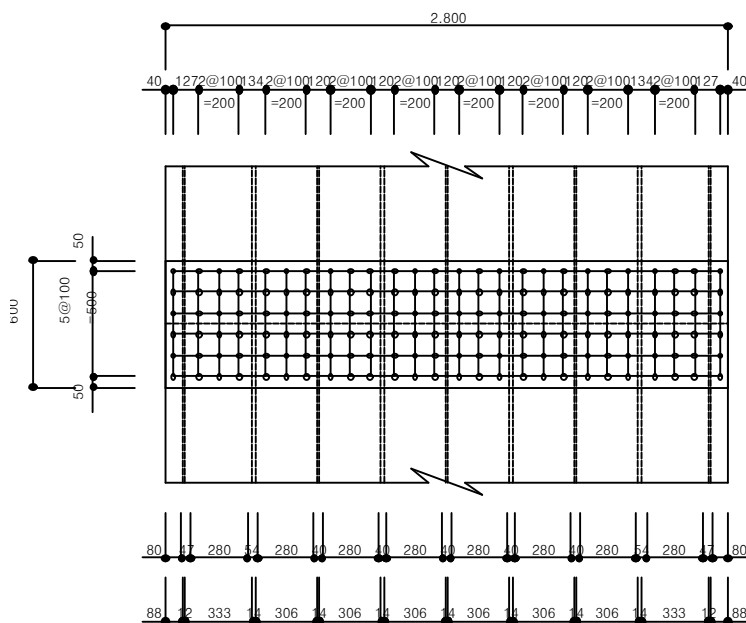
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 56.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.046\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{7.544\text{E}+05 \times 1.535\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6559 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(604.55 kN) , S_v : 합성후 전단력(754.37 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (462.87 - 6.0) = 15350798 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

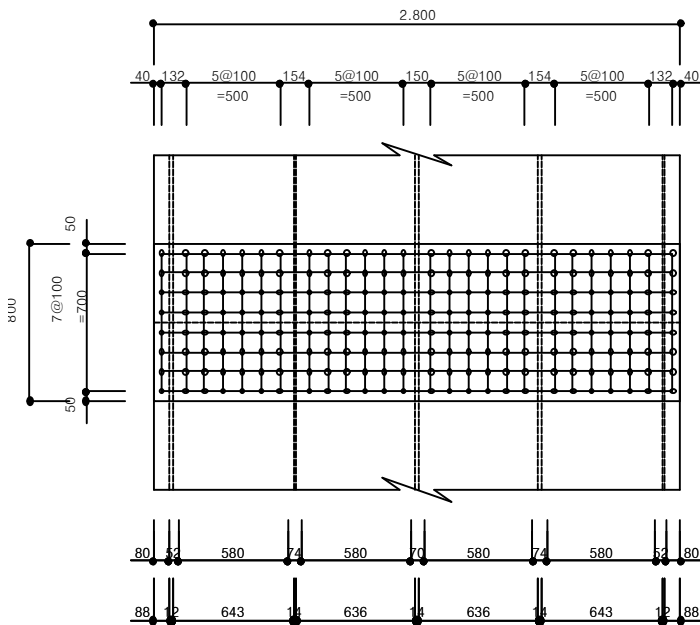
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6558.8^2} = 61734.0 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 55.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{6.046E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{7.544E+05 \times 8.768E+07}{3.40051E+11} \right) \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 10353 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(604.550 kN) , S_v : 합성후 전단력(754.371 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1965.13 - 8.0) = 87679469 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 10353.1^2} = 62251.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

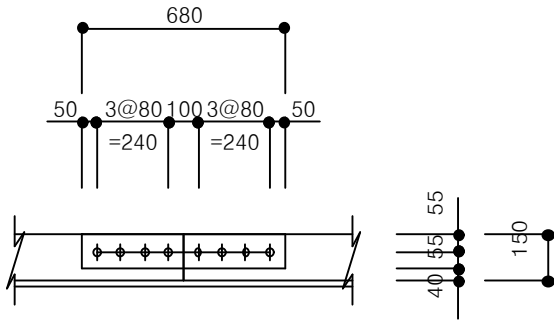
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

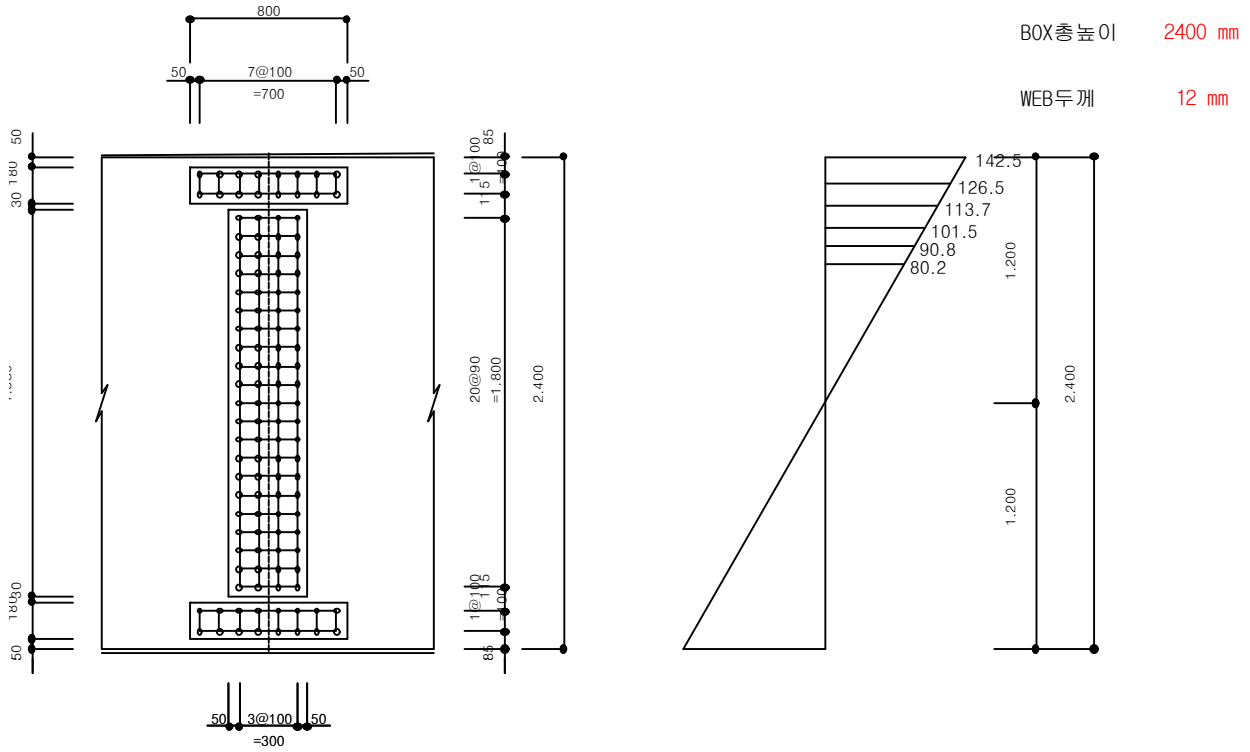
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1358.9 \times 1000}{2} + \frac{790.7 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 \text{ EA} = 14324.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 14324.5^2)} = 67716.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 30684252878 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 2402.0 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 197.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6640.3 \times \frac{3.06843E+10}{3.40051E+11} = 599.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 2402.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 6640.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 4.54109E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 462.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1965.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력

f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{197.221 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{599.184 \times 1000000}{45410873366} \times 462.869 \\ &= 12.728 + 6.107 = 18.836 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{197.221 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{599.184 \times 1000000}{45410873366} \times 1965.131 \\ &= 12.227 + 25.929 = 38.156 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

7) SPLICE - 7 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4069.690 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7460.500 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 364.328 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 670.188 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 742.565 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 71.5 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -71.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

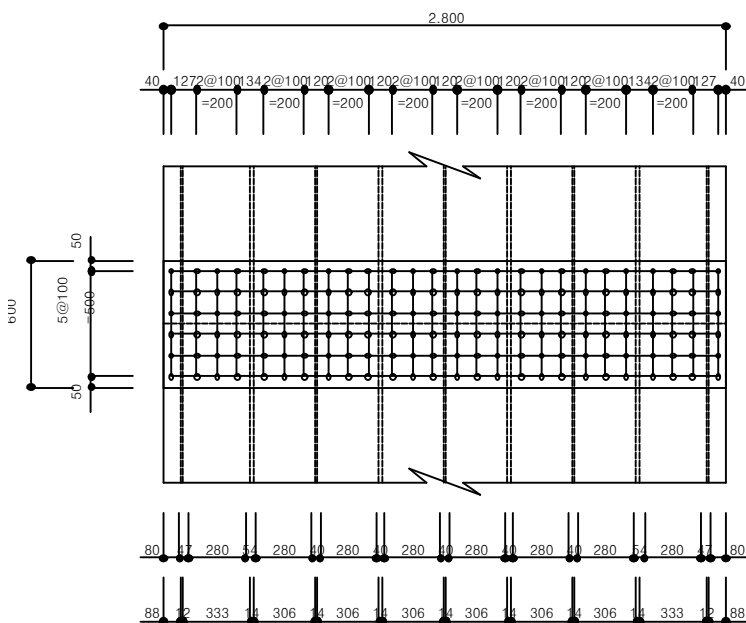
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 71.5 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.643\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.702\text{E}+05 \times 1.535\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4302 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(364.33 kN) , S_v : 합성후 전단력(670.19 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (462.87 - 6.0) = 15350798 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

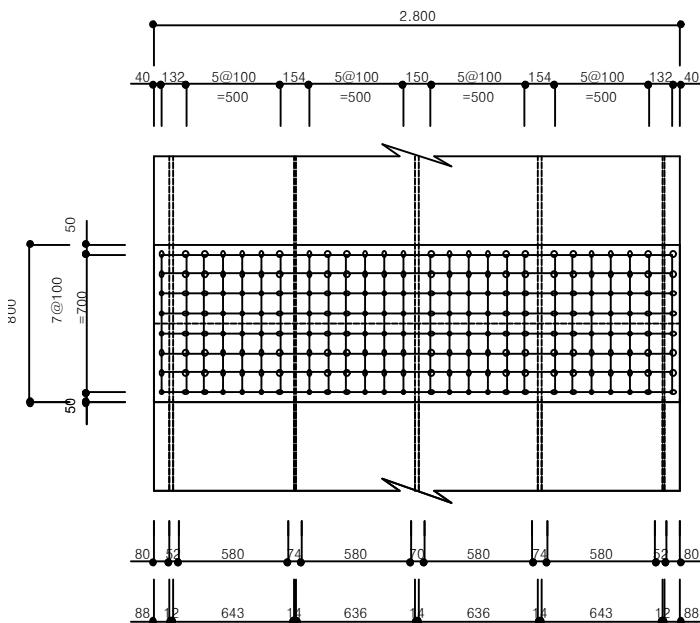
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 4302.0^2} = 61535.2 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 71.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.643E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{6.702E+05 \times 8.768E+07}{3.40051E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7736 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(364.328 kN) , S_v : 합성후 전단력(670.188 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1965.13 - 8.0) = 87679469 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 7735.7^2} = 61870.2 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

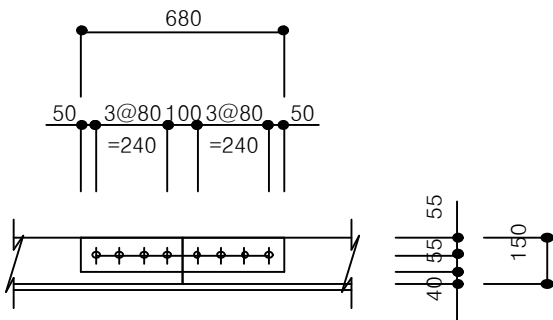
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

모재의 응력 $f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

필요단면적 : $A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$

사용이음판 : $2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

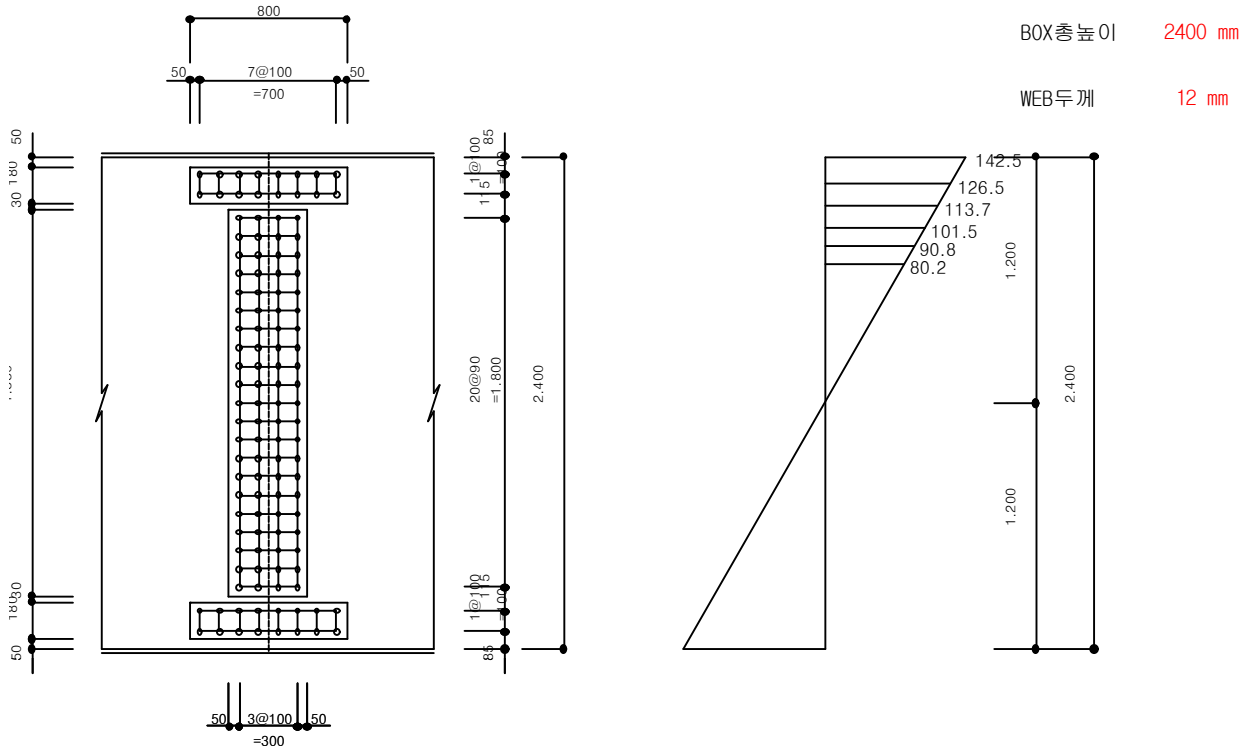
$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$

이음판의 응력 $f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} \quad 0.K$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1034.5 \times 1000}{2} + \frac{742.6 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 11369.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 11369.0^2)} = 67153.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 30684252878 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4069.7 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 334.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 7460.5 \times \frac{3.06843E+10}{3.40051E+11} = 673.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s = 4069.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v = 7460.5 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , I_s = 1.68401E+11 mm⁴

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , I_v = 3.40051E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 4.54109E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 462.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1965.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{334.155 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{673.192 \times 1000000}{45410873366} \times 462.869 \\ &= 21.566 + 6.862 = 28.428 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{334.155 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{673.192 \times 1000000}{45410873366} \times 1965.131$$

$$= 20.716 + 29.132 = 49.848 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

8) SPLICE - 8 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8635.420 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9355.970 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1462.660 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1387.500 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1250.690 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -83.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 115.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

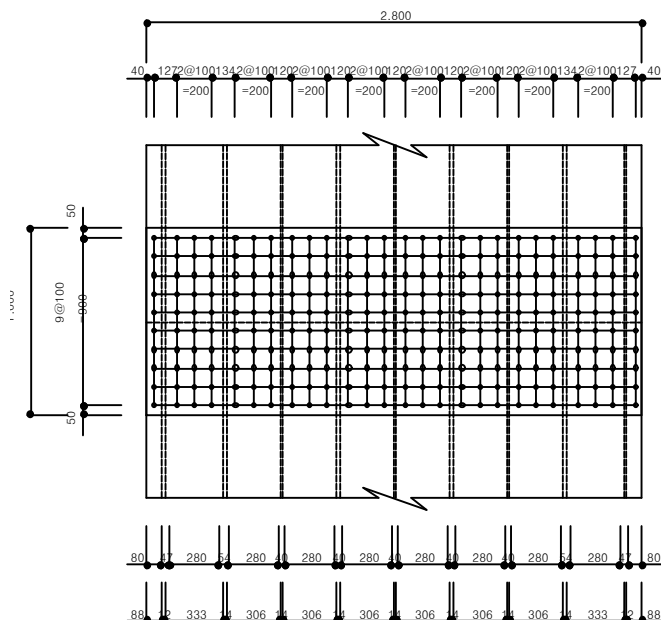
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 115.9 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p a \text{ O.K}$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.463\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.388\text{E}+06 \times 9.466\text{E}+07}{2.97084\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20294 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1462.66 kN) , S_v : 합성후 전단력(1387.50 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.64 - 12.0) = 94660608 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.97084\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

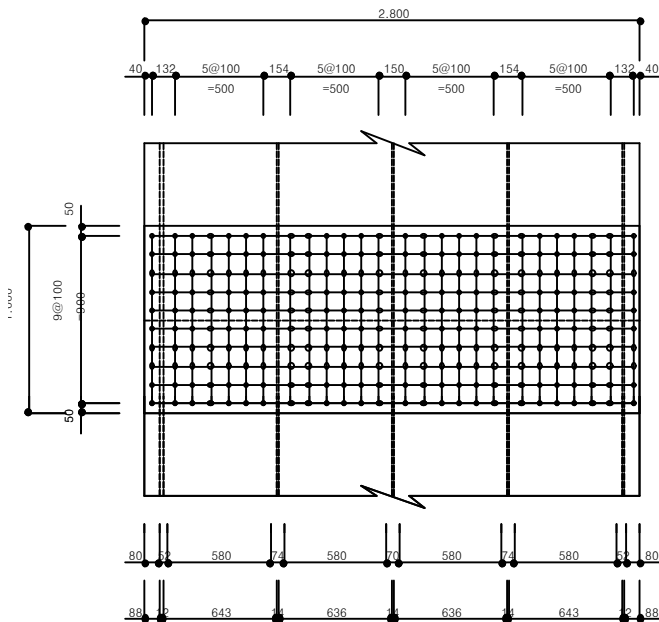
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20294.2^2} = 76406.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 83.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.463E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.388E+06 \times 6.823E+07}{2.97084E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18520 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1462.660 kN) , S_v : 합성후 전단력(1387.500 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.36 - 12.0) = 68232192 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 2.97084E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 18520.1^2)} = 75954.1 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

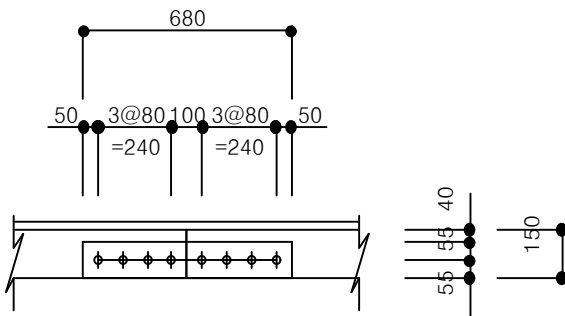
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

모재의 응력 $f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$

② 이음판의 결정

필요단면적 : $A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$

사용이음판 : $2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$

이음판의 응력 $f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} \quad 0.K$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2b \cdot h)$, $\tau = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2850.2 \times 1000}{2} + \frac{1250.7 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 28698.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 28698.1^2)} = 72138.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 15226041876 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8635.4 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 522.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 9356.0 \times \frac{1.52260E+10}{2.97084E+11} = 479.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s = 8635.4 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v = 9356.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , I_s = 2.28803E+11 mm⁴

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , I_v = 2.97084E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 2.13648E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{522.357 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{479.509 \times 1000000}{21364767363} \times 1027.360 \\ &= 34.584 + 23.058 = 57.642 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{522.357 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{479.509 \times 1000000}{21364767363} \times 1420.640$$

$$= 31.985 + 31.885 = 63.870 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

9) SPLICE - 9 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7985.930 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9065.050 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1582.550 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1441.420 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1327.940 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -79.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 110.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

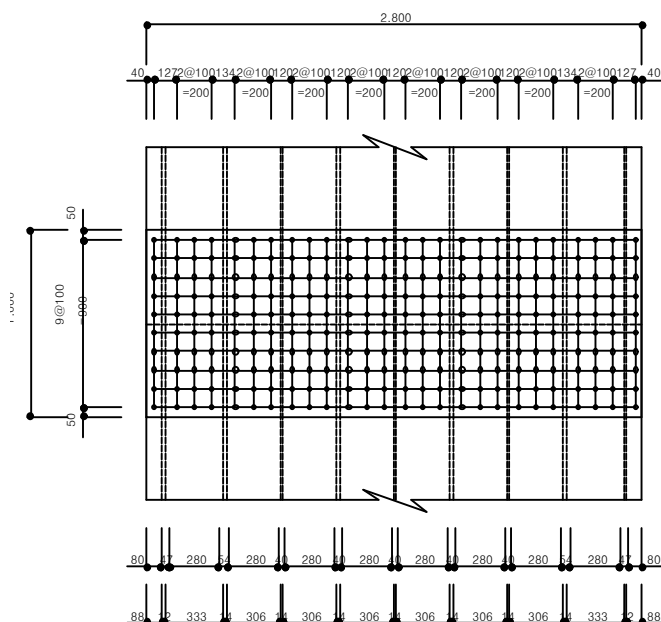
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 110.3 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p a \text{ O.K}$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.583\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.441\text{E}+06 \times 9.466\text{E}+07}{2.97084\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21547 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1582.55 kN) , S_v : 합성후 전단력(1441.42 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.64 - 12.0) = 94660608 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.97084\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

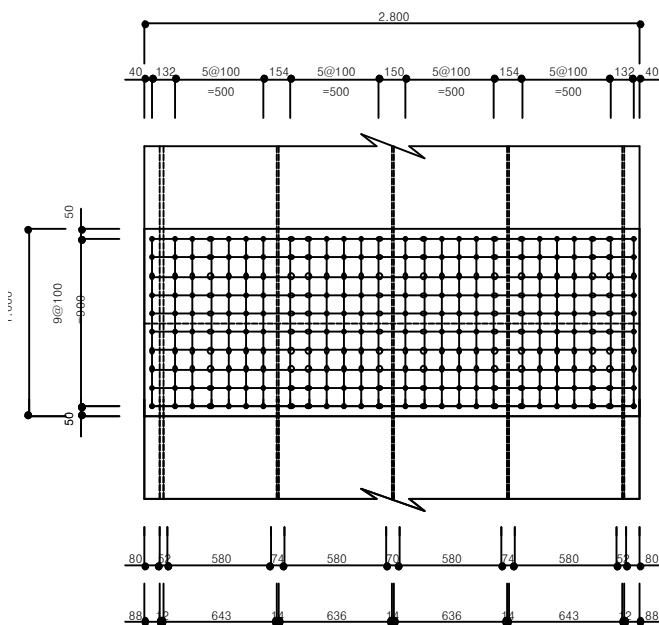
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 21547.2^2} = 76748.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 79.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.583E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.441E+06 \times 6.823E+07}{2.97084E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19742 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1582.550 kN) , S_v : 합성후 전단력(1441.420 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.36 - 12.0) = 68232192 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 2.97084E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 19742.3^2} = 76261.3 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

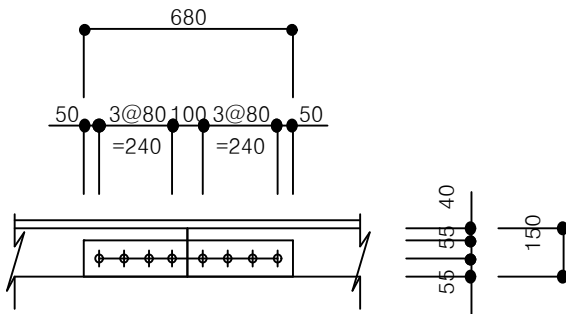
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

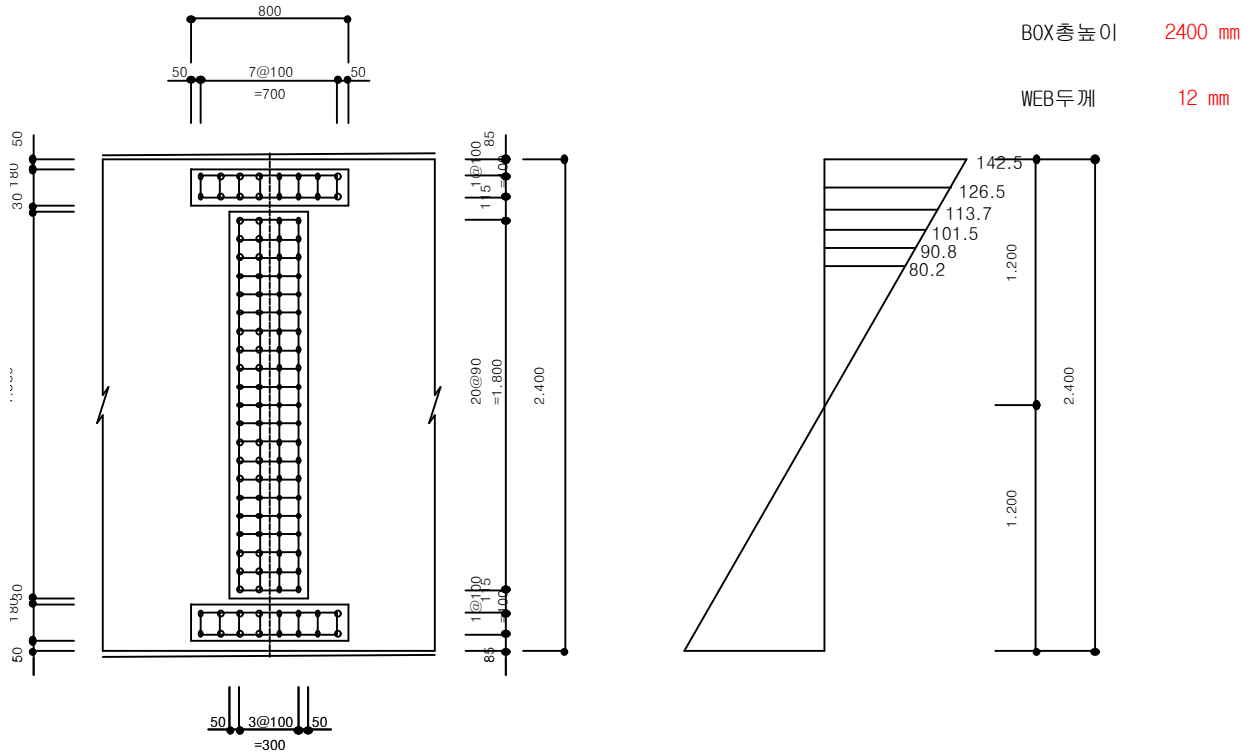
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3024.0 \times 1000}{2} + \frac{1327.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 30451.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 30451.5^2)} = 72853.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 15226041876 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7985.9 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 483.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 9065.1 \times \frac{1.52260E+10}{2.97084E+11} = 464.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 7985.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v = 9065.1 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, I_s = 2.28803E+11 mm⁴

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, I_v = 2.97084E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 2.13648E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{483.070 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{464.599 \times 1000000}{21364767363} \times 1027.360 \\
 &= 31.983 + 22.341 = 54.324 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{483.070 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{464.599 \times 1000000}{21364767363} \times 1420.640 \\
 &= 29.579 + 30.893 = 60.472 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

10) SPLICE - 10 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 6385.830 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8269.250 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 484.513 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 724.543 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 786.896 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 92.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -92.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

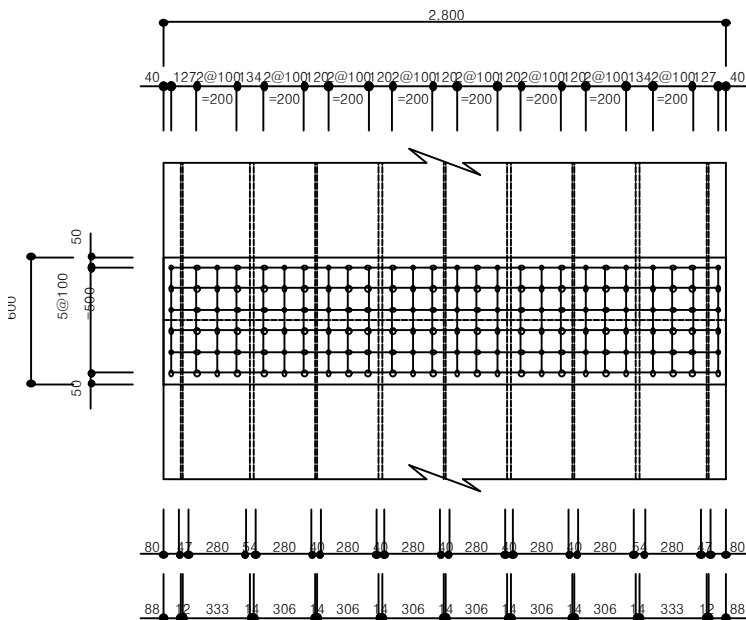
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 92.7 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.845\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{7.245\text{E}+05 \times 1.535\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5451 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(484.51 kN) , S_v : 합성후 전단력(724.54 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (462.87 - 6.0) = 15350798 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

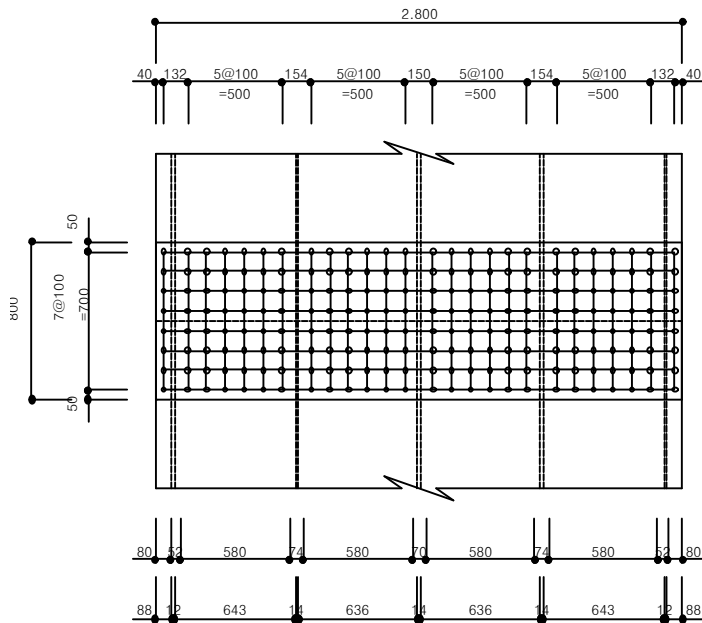
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 5450.9^2} = 61626.2 \text{ N/EA} < \rho_a , \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 92.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.845E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{7.245E+05 \times 8.768E+07}{3.40051E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9130 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(484.513 kN) , S_v : 합성후 전단력(724.543 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1965.13 - 8.0) = 87679469 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 9130.1^2} = 62059.9 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

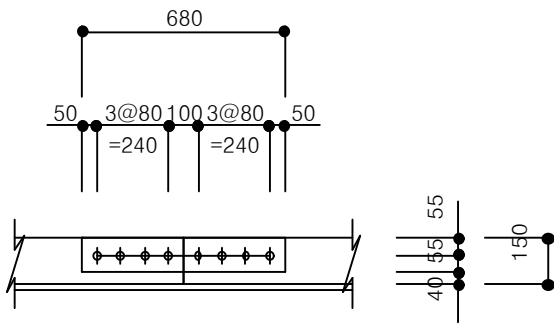
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

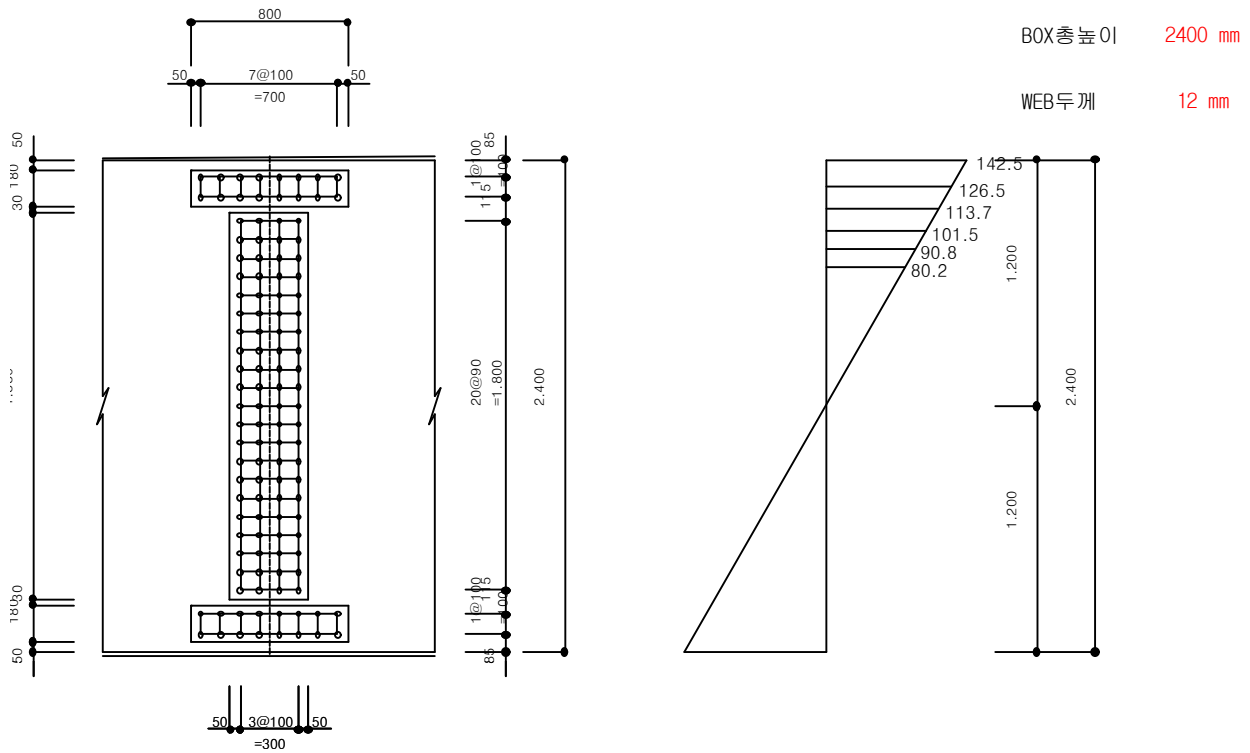
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bh)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1209.1 \times 1000}{2} + \frac{786.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 \text{ EA} = 13020.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 13020.0^2)} = 67453.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 30684252878 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 6385.8 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 524.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8269.3 \times \frac{3.06843E+10}{3.40051E+11} = 746.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 6385.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8269.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 4.54109E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 462.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1965.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{524.328 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{746.169 \times 1000000}{45410873366} \times 462.869 \\ &= 33.839 + 7.606 = 41.445 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{524.328 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{746.169 \times 1000000}{45410873366} \times 1965.131 \\ &= 32.505 + 32.290 = 64.795 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

11) SPLICE - 11 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 6385.240 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8270.440 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 484.592 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 724.369 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 788.231 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 92.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -92.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

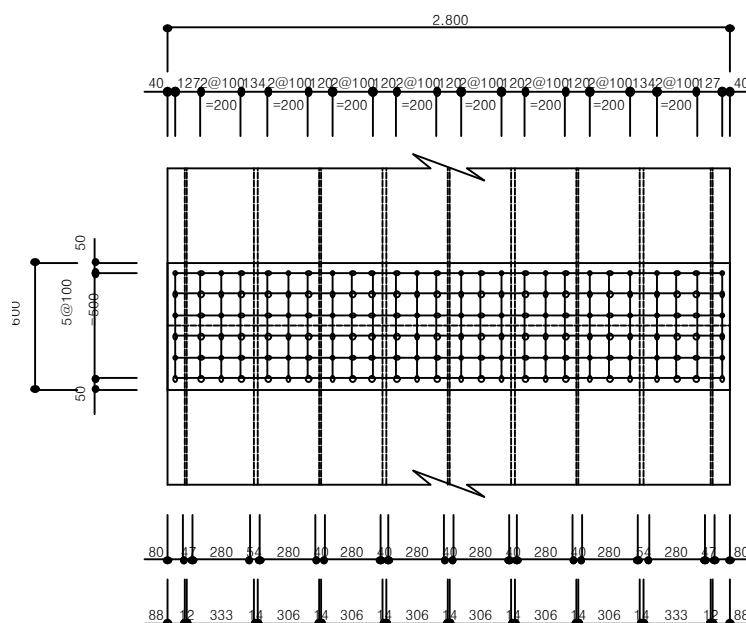
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 92.7 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.846\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{7.244\text{E}+05 \times 1.535\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5451 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(484.59 kN) , S_v : 합성후 전단력(724.37 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (462.87 - 6.0) = 15350798 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

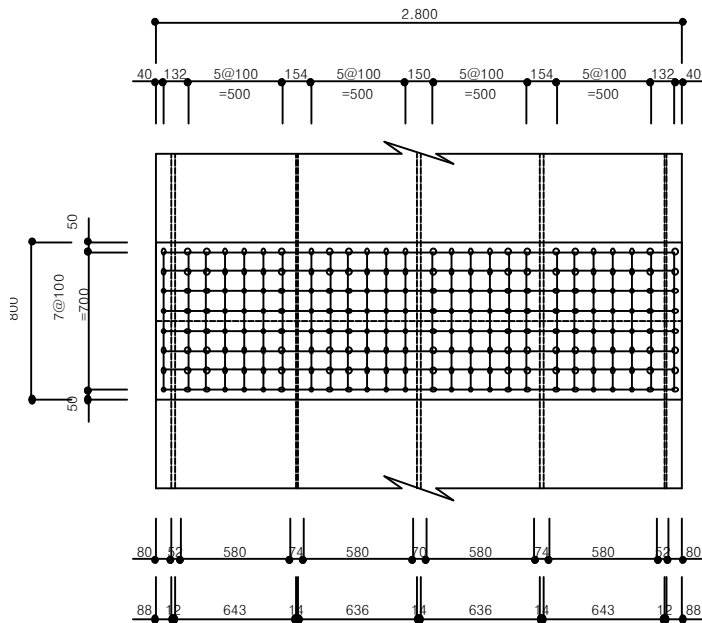
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 5451.3^2} = 61626.2 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 92.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 33600.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.846E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{7.244E+05 \times 8.768E+07}{3.40051E+11} \right) \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9130 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(484.592 kN) , S_v : 합성후 전단력(724.369 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1965.13 - 8.0) = 87679469 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{휨방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 9129.6^2} = 62059.9 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

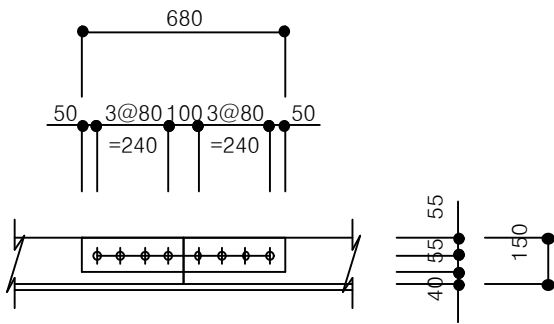
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

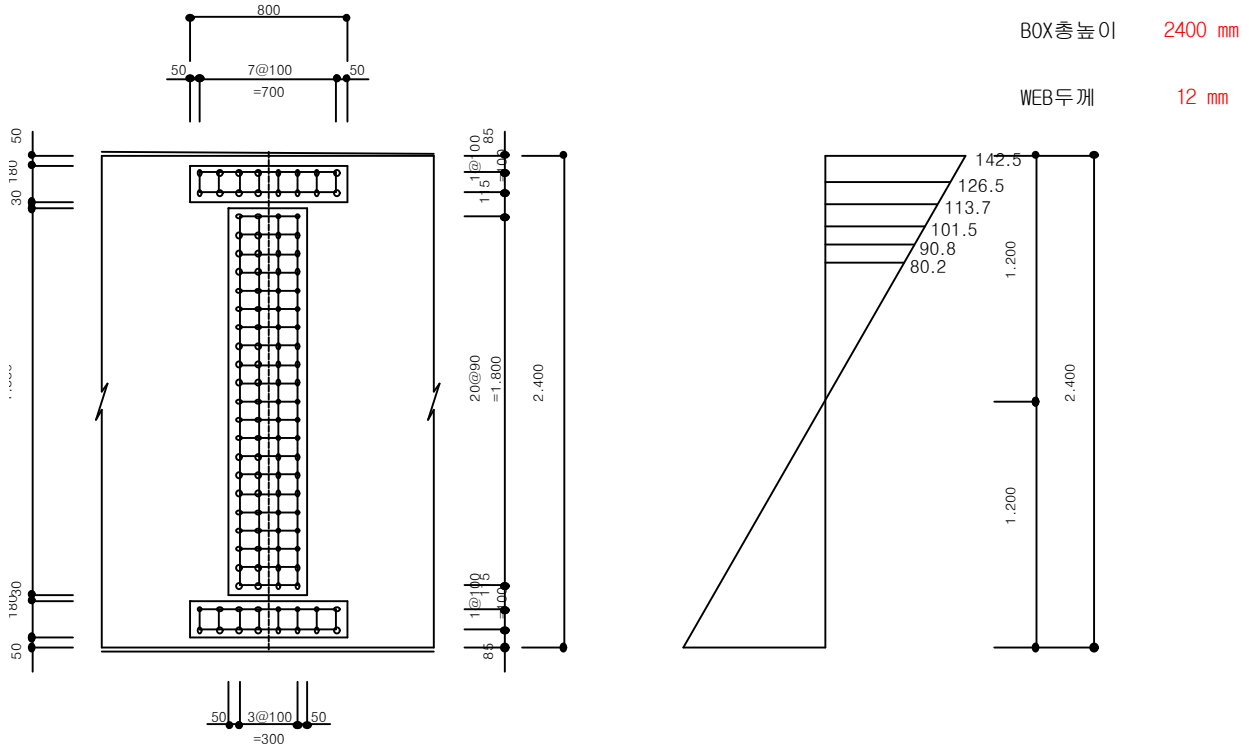
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2 b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2 b h/t), \quad u_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1209.0 \times 1000}{2} + \frac{788.2 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 13023.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 13023.6^2)} = 67453.7 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 30684252878 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 6385.2 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 524.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8270.4 \times \frac{3.06843E+10}{3.40051E+11} = 746.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 6385.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8270.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 4.54109E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 462.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1965.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{524.280 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{746.277 \times 1000000}{45410873366} \times 462.869 \\
 &= 33.836 + 7.607 = 41.443 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{524.280 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{746.277 \times 1000000}{45410873366} \times 1965.131 \\
 &= 32.502 + 32.295 = 64.797 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

12) SPLICE - 12 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7986.170 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9062.590 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1582.570 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1441.290 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1325.440 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -79.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 110.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

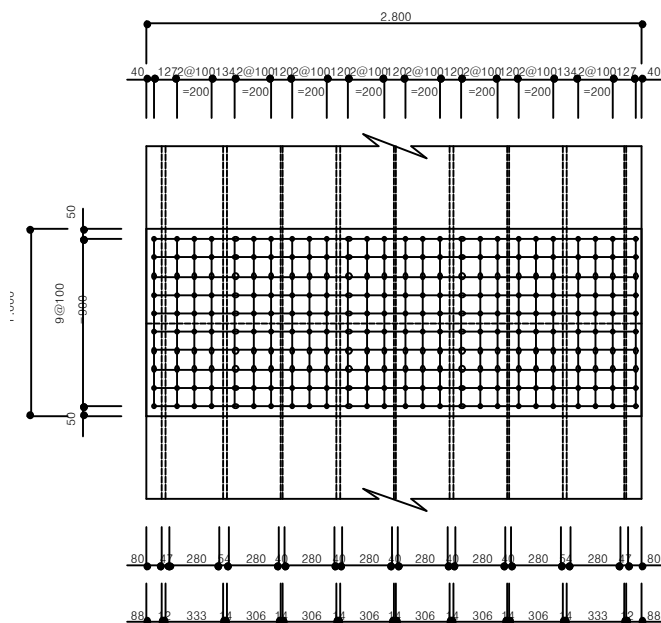
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 110.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.583\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.441\text{E}+06 \times 9.466\text{E}+07}{2.97084\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21547 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1582.57 kN) , S_v : 합성후 전단력(1441.29 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.64 - 12.0) = 94660608 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.97084\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

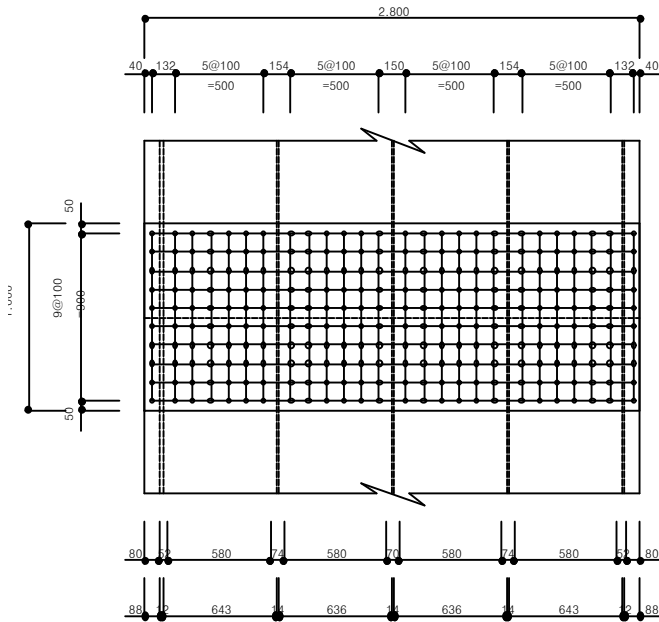
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 21546.5^2} = 76748.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 79.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.583E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.441E+06 \times 6.823E+07}{2.97084E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19742 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1582.570 kN) , S_v : 합성후 전단력(1441.290 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.36 - 12.0) = 68232192 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.97084E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 19741.8^2} = 76261.2 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

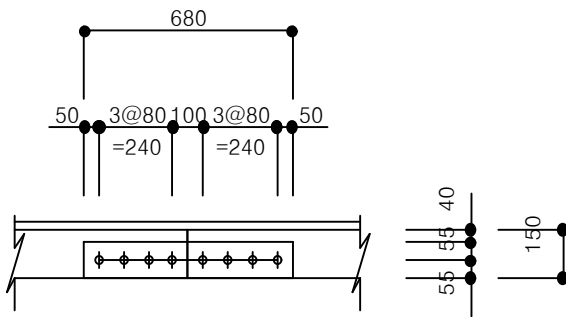
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

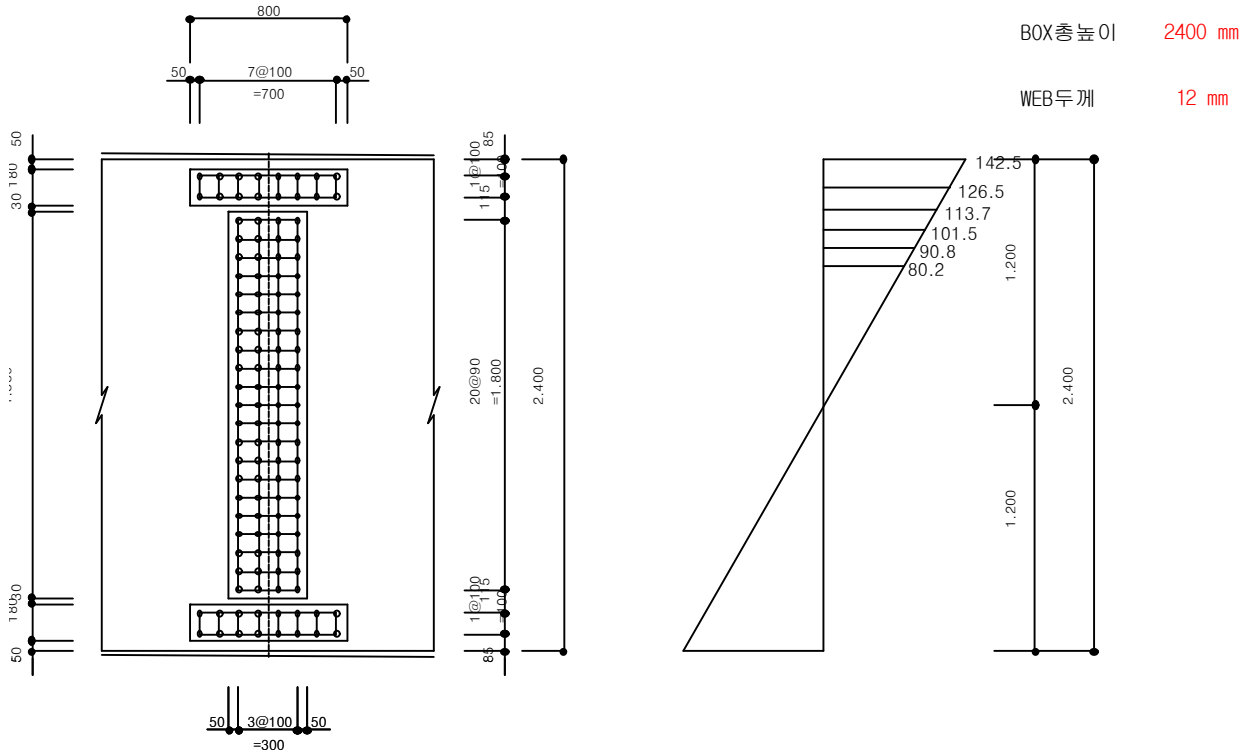
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2b)$

$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t)$, $\tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3023.9 \times 1000}{2} + \frac{1325.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 30442.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 30442.3^2)} = 72850.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 15226041876 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7986.2 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 483.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 9062.6 \times \frac{1.52260E+10}{2.97084E+11} = 464.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 7986.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 9062.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , I_v = 2.97084E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 2.13648E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{483.084 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{464.473 \times 1000000}{21364767363} \times 1027.360 \\ &= 31.984 + 22.335 = 54.319 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{483.084 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{464.473 \times 1000000}{21364767363} \times 1420.640 \\ &= 29.580 + 30.885 = 60.465 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

13) SPLICE - 13 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8635.750 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9356.330 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1462.700 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1387.110 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1249.350 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -83.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 115.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

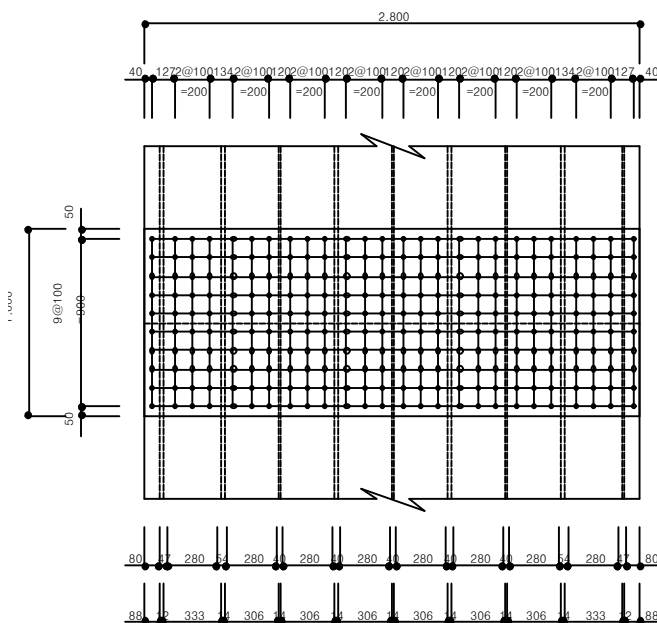
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 115.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.463E+06 \times 7.823E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.387E+06 \times 9.466E+07}{2.97084E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20292 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1462.70 kN) , S_v : 합성후 전단력(1387.11 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.64 - 12.0) = 94660608 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.97084E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

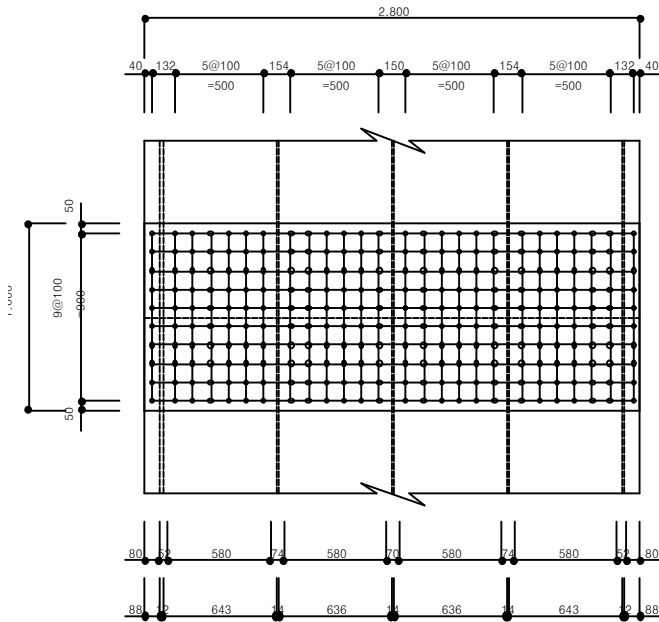
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20291.9^2} = 76405.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 83.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.463E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.387E+06 \times 6.823E+07}{2.97084E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18519 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1462.700 kN) , S_v : 합성후 전단력(1387.110 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.36 - 12.0) = 68232192 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.97084E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18518.5^2} = 75953.7 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

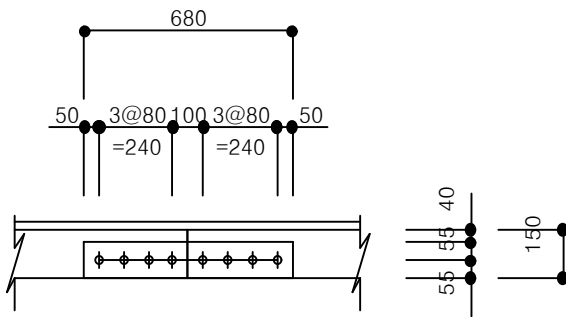
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

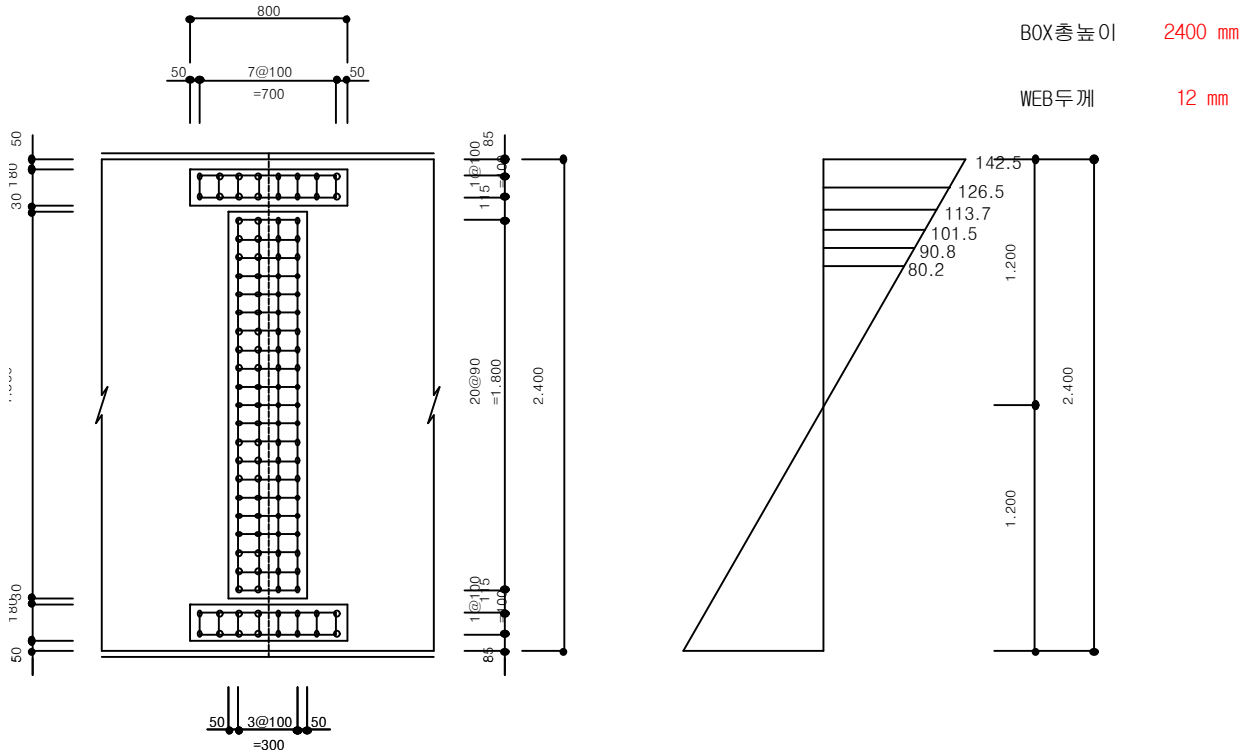
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t), \quad \tau_t = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2849.8 \times 1000}{2} + \frac{1249.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 28690.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 28690.7^2)} = 72135.6 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 15226041876 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8635.8 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 522.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 9356.3 \times \frac{1.52260E+10}{2.97084E+11} = 479.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 8635.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 9356.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , I_v = 2.97084E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.64 - 1200.00)^2 = 2.13648E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{522.377 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{479.528 \times 1000000}{21364767363} \times 1027.360 \\ &= 34.585 + 23.059 = 57.644 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{522.377 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{479.528 \times 1000000}{21364767363} \times 1420.640 \\ &= 31.986 + 31.886 = 63.872 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

14) SPLICE - 14 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4069.870 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7458.620 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 364.353 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 670.181 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 742.469 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 71.5 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -71.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

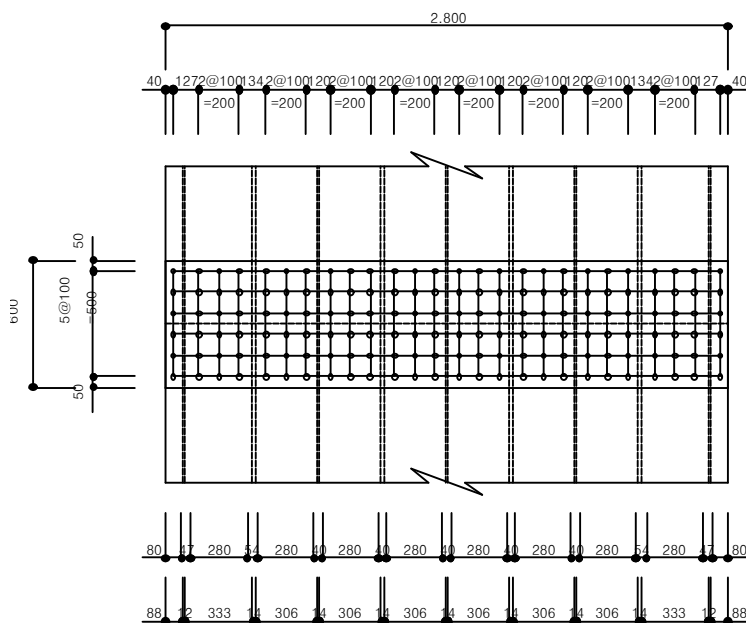
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 71.5 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.644\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.702\text{E}+05 \times 1.535\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4302 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(364.35 kN) , S_v : 합성후 전단력(670.18 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (462.87 - 6.0) = 15350798 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

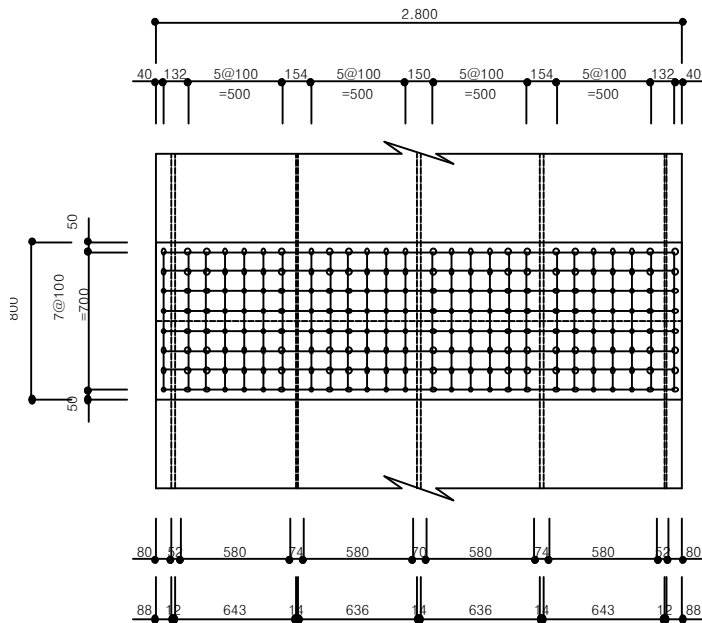
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 4302.2^2} = 61535.2 \text{ N/EA} < \rho_a , \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 71.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.644\text{E}+05 \times 5.294\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.702\text{E}+05 \times 8.768\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7736 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(364.353 kN) , S_v : 합성후 전단력(670.181 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1965.13 - 8.0) = 87679469 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 7735.8^2} = 61870.2 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

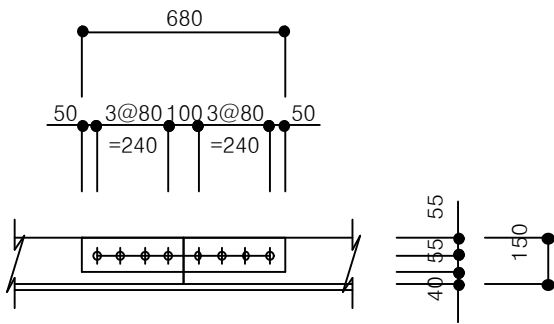
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

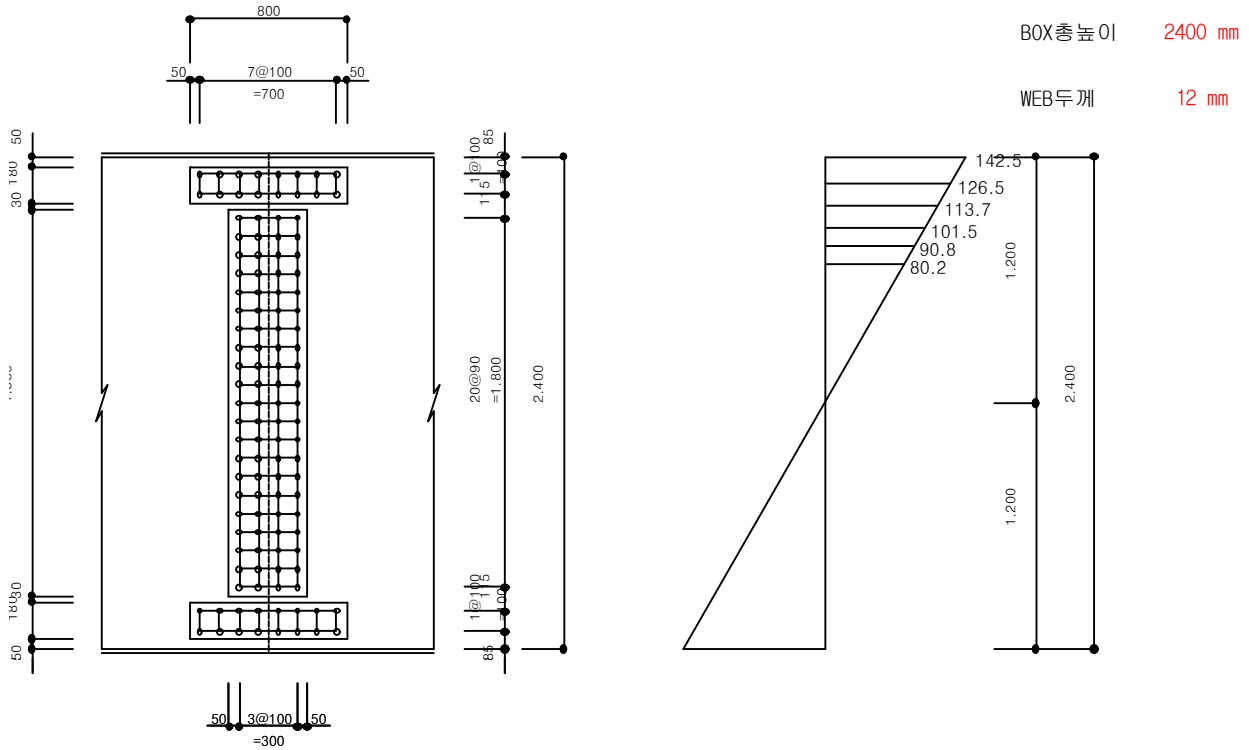
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2b)$

$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t)$, $\tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1034.5 \times 1000}{2} + \frac{742.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 11368.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 11368.9^2)} = 67153.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 30684252878 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4069.9 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 334.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7458.6 \times \frac{3.06843E+10}{3.40051E+11} = 673.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 4069.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 7458.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.40051E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 4.54109E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 462.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1965.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{334.169 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{673.023 \times 1000000}{45410873366} \times 462.869 \\ &= 21.567 + 6.860 = 28.427 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{334.169 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{673.023 \times 1000000}{45410873366} \times 1965.131 \\ &= 20.717 + 29.125 = 49.841 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

15) SPLICE - 15 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 2402.530 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6638.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 604.521 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 754.306 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 790.022 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 56.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -55.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

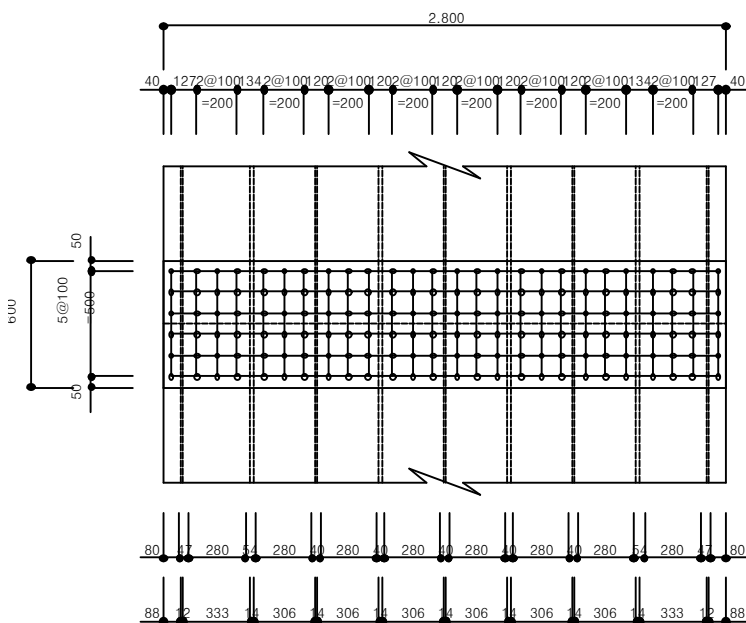
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 56.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.045\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{7.543\text{E}+05 \times 1.535\text{E}+07}{3.40051\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6559 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(604.52 kN) , S_v : 합성후 전단력(754.31 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (462.87 - 6.0) = 15350798 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.40051\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

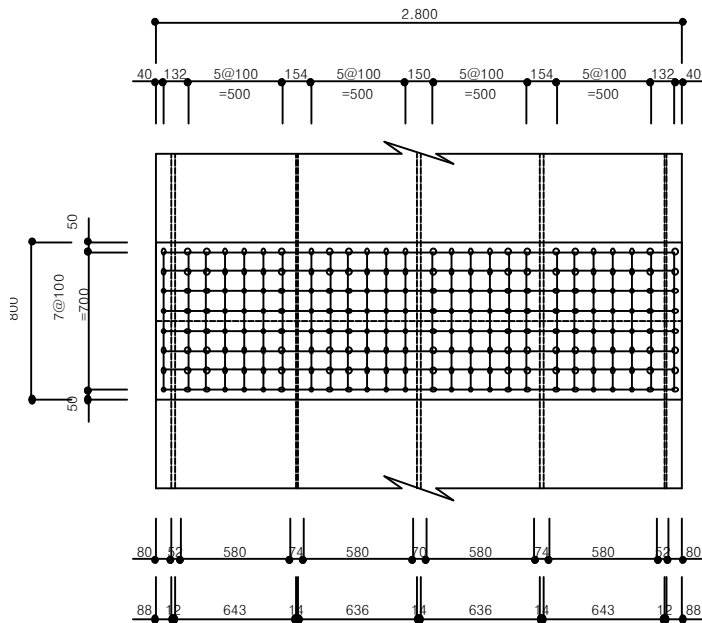
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6559.5^2} = 61734.0 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 55.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.045E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{7.543E+05 \times 8.768E+07}{3.40051E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 10352 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(604.521 kN) , S_v : 합성후 전단력(754.306 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1965.13 - 8.0) = 87679469 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 10352.4^2} = 62251.5 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

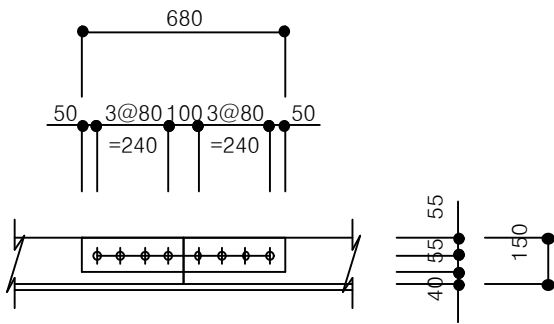
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

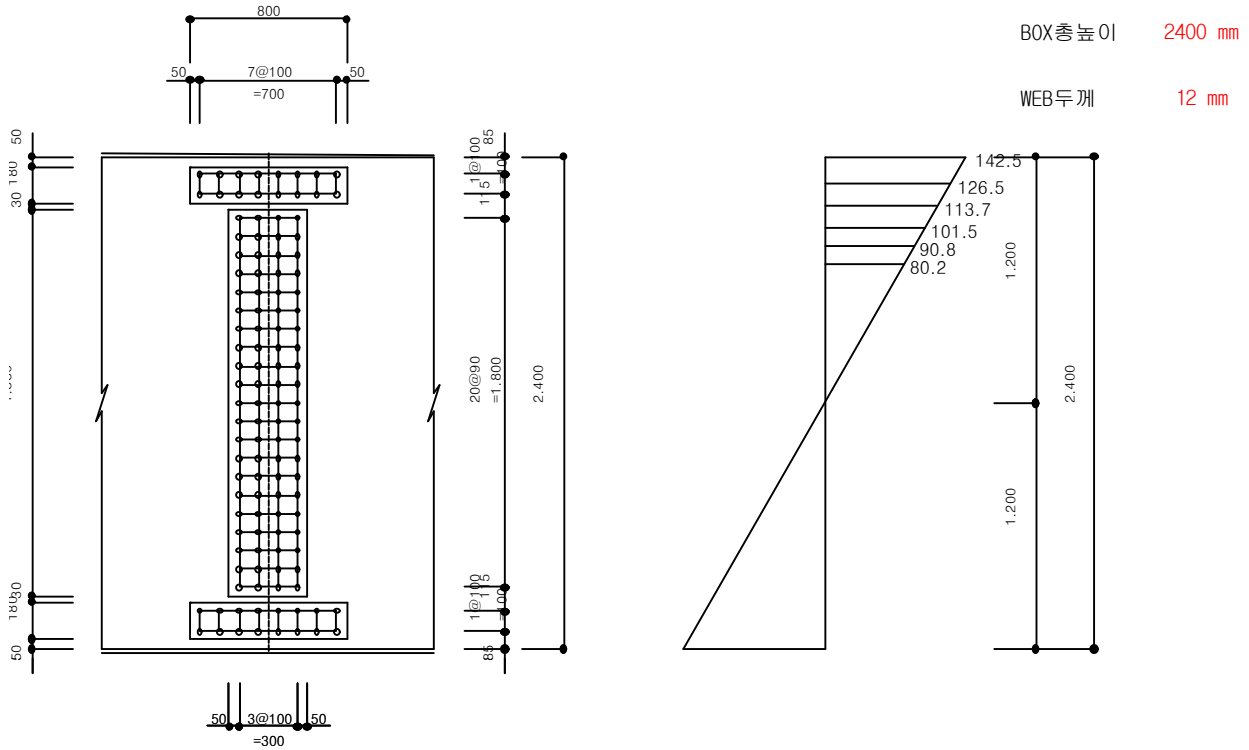
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2 b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2 b h/t), \quad \tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1358.8 \times 1000}{2} + \frac{790.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 14321.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 14321.4^2)} = 67716.3 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 30684252878 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 2402.5 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 197.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6638.8 \times \frac{3.06843E+10}{3.40051E+11} = 599.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 2402.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 6638.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.40051E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1965.13 - 1200.00)^2 = 4.54109E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 462.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1965.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{197.267 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{599.047 \times 1000000}{45410873366} \times 462.869 \\
 &= 12.731 + 6.106 = 18.837 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{197.267 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{599.047 \times 1000000}{45410873366} \times 1965.131 \\
 &= 12.229 + 25.923 = 38.153 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

16) SPLICE - 16 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -13661.400 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -10736.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1706.460 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1479.920 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1201.290 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -117.1 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 154.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

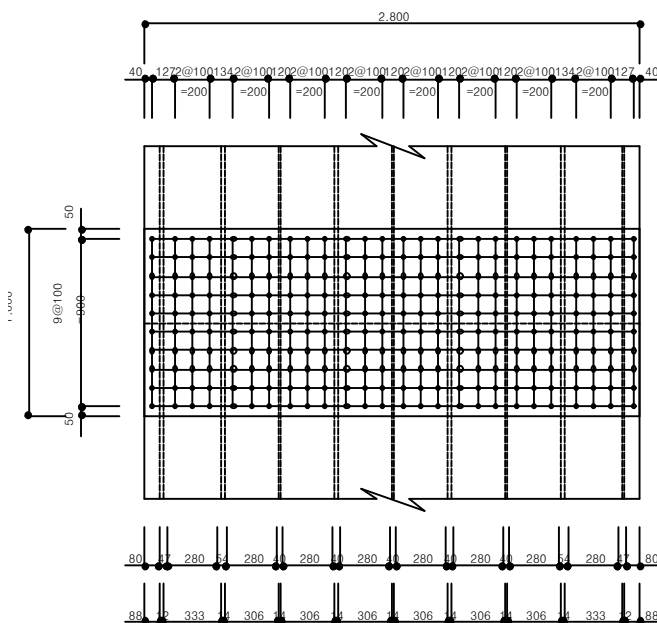
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 154.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 154.3 MPa 을적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{96000.0} \approx 108 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{190.0} = 54566.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 54566.4 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{93600.0} = 110.765 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 154.3}{130 \text{ EA}} = 79750.9 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.706\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.480\text{E}+06 \times 9.465\text{E}+07}{2.96780\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 22744 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1706.46 kN) , S_v : 합성후 전단력(1479.92 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.45 - 12.0) = 94647840 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.96780\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

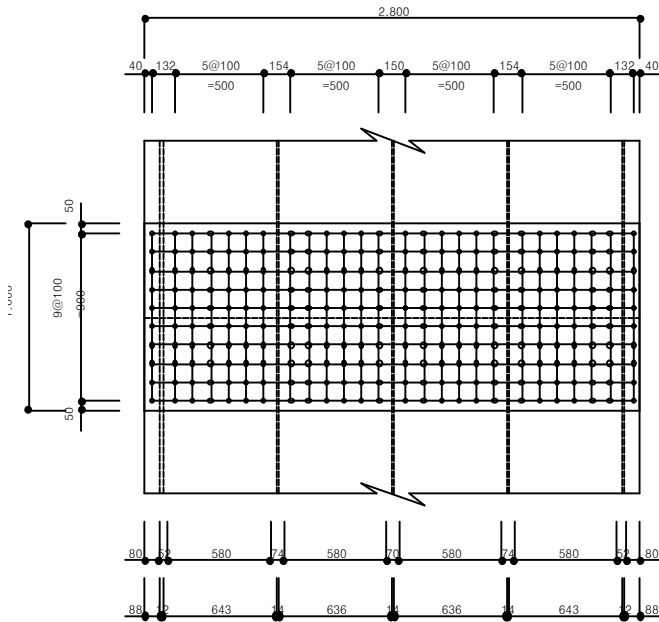
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{79750.9^2 + 22744.3^2} = 82930.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 117.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.706E+06 \times 8.466E+07}{2.28590E+11} + \frac{1.480E+06 \times 6.824E+07}{2.96780E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20942 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1706.460 kN) , S_v : 합성후 전단력(1479.920 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.55 - 12.0) = 68244960 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.96780E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20942.1^2} = 76580.7 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

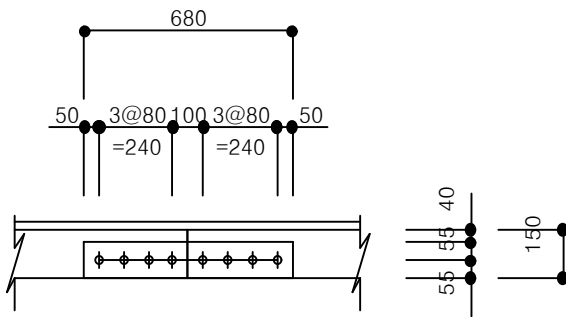
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

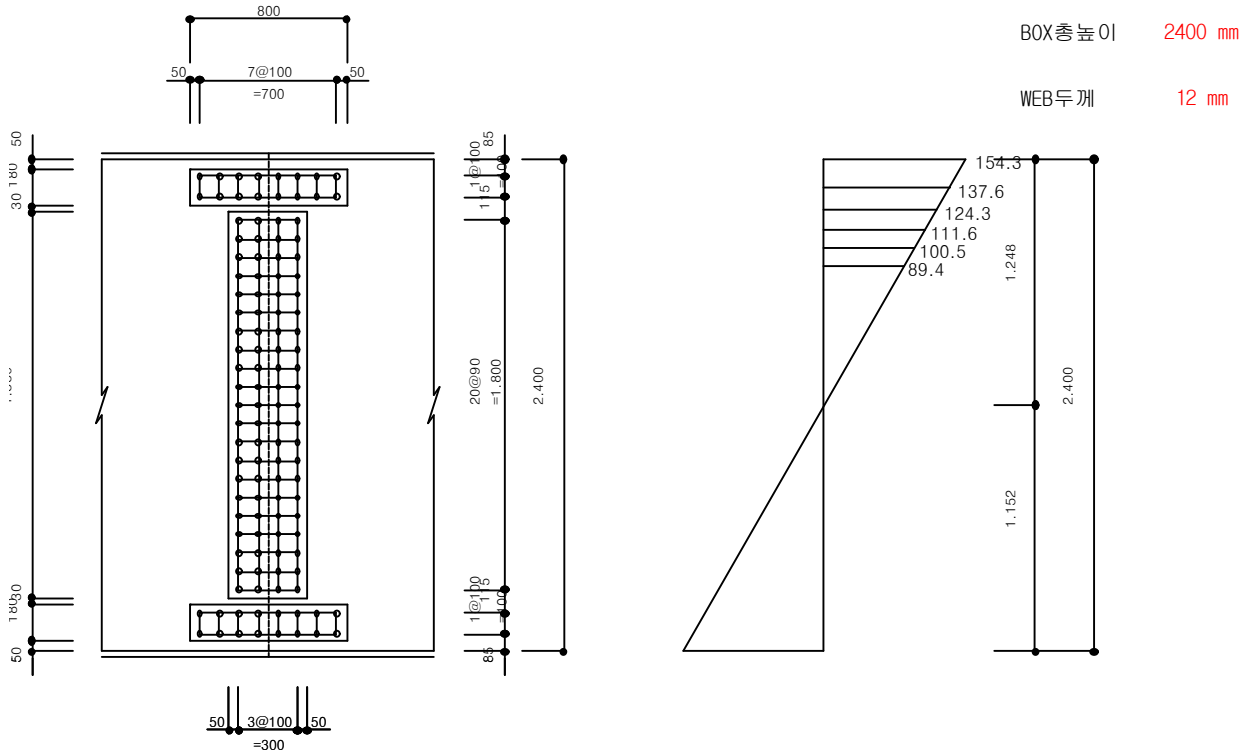
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1248$ mm

$$f_1 = f_l = 154.280 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 137.586 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 124.293 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 111.618 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 100.489 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 89.359 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{154.280 + 137.586}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 59102.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{137.586 + 124.293}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 42228.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{124.293 + 111.618}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 72542.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{111.618 + 100.489}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 57268.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{100.489 + 89.359}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51259.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2b)$

$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t)$, $u_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3186.4 \times 1000}{2} + \frac{1201.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 31433.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(72543^2 + 31433.6^2)} = 79060.1 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 13840354624 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 15223628232 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13661.4 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 827.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 10736.0 \times \frac{1.52236E+10}{2.96780E+11} = 550.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 13661.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10736.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4$

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 2.96780E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 2.13610E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.5 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{827.150 \times 1000000}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{550.714 \times 1000000}{21361012805} \times 1027.550 \\
 &= 54.765 + 26.492 = 81.257 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{827.150 \times 1000000}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{550.714 \times 1000000}{21361012805} \times 1420.450 \\
 &= 50.646 + 36.621 = 87.267 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.012\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.565\text{E}+06 \times 9.465\text{E}+07}{2.96780\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 25574 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(2011.51 kN) , S_v : 합성후 전단력(1564.56 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1420.45 - 12.0) = 94647840 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.96780\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

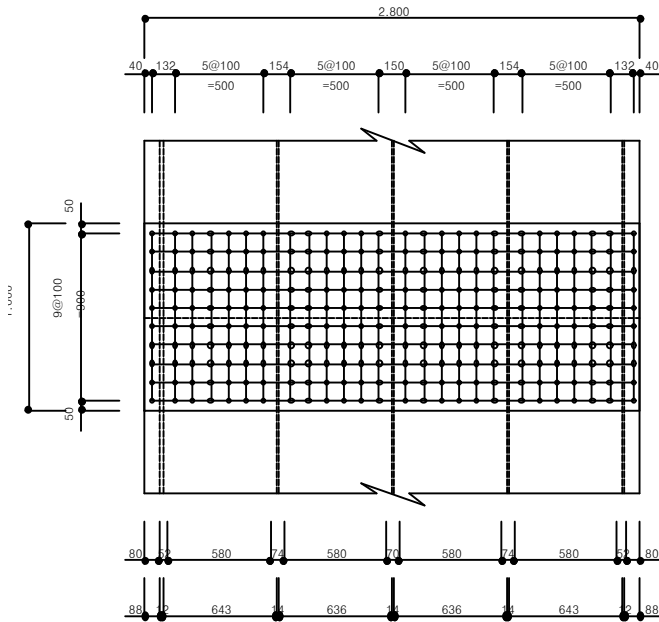
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 25574.3^2} = 77974.8 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 106.2 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.012E+06 \times 8.466E+07}{2.28590E+11} + \frac{1.565E+06 \times 6.824E+07}{2.96780E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 23795 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(2011.510 kN) , S_v : 합성후 전단력(1564.560 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1027.55 - 12.0) = 68244960 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.96780E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 23794.7^2} = 77409.4 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

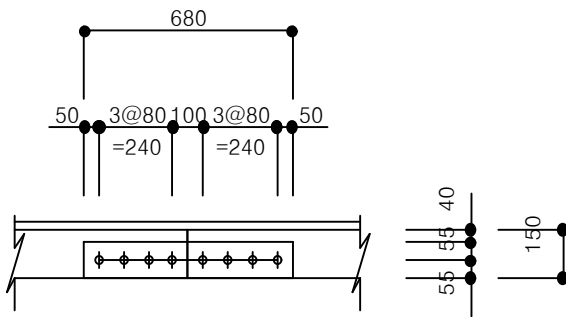
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

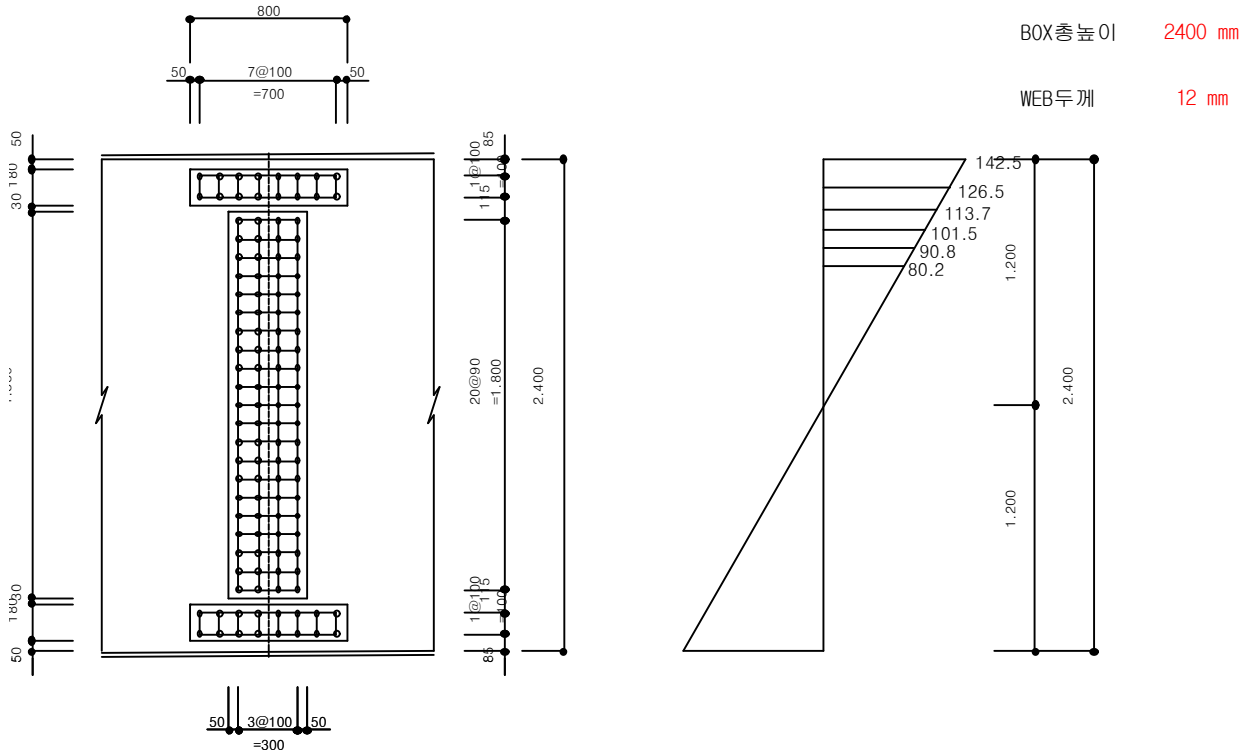
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t), \quad \tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3576.1 \times 1000}{2} + \frac{1643.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 36251.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 36251.9^2)} = 75462.5 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 13840354624 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 15223628232 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12012.7 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 727.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 10271.9 \times \frac{1.52236E+10}{2.96780E+11} = 526.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 12012.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10271.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4$

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 2.96780E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1420.45 - 1200.00)^2 = 2.13610E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1027.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1420.5 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{727.327 \times 1000000}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{526.907 \times 1000000}{21361012805} \times 1027.550 \\ &= 48.156 + 25.346 = 73.502 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{727.327 \times 1000000}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{526.907 \times 1000000}{21361012805} \times 1420.450 \\ &= 44.534 + 35.038 = 79.572 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

18) SPLICE - 18 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5700.470 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8310.590 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1121.270 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 952.138 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1449.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 87.6 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -81.8 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

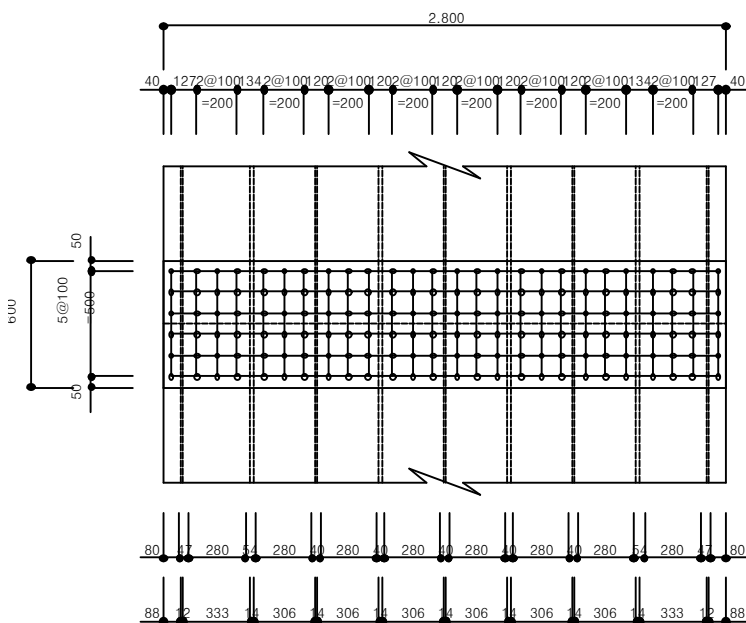
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 87.6 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.121\text{E}+06 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{9.521\text{E}+05 \times 1.624\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 11313 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1121.27 kN) , S_v : 합성후 전단력(952.14 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (489.26 - 6.0) = 16237637 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

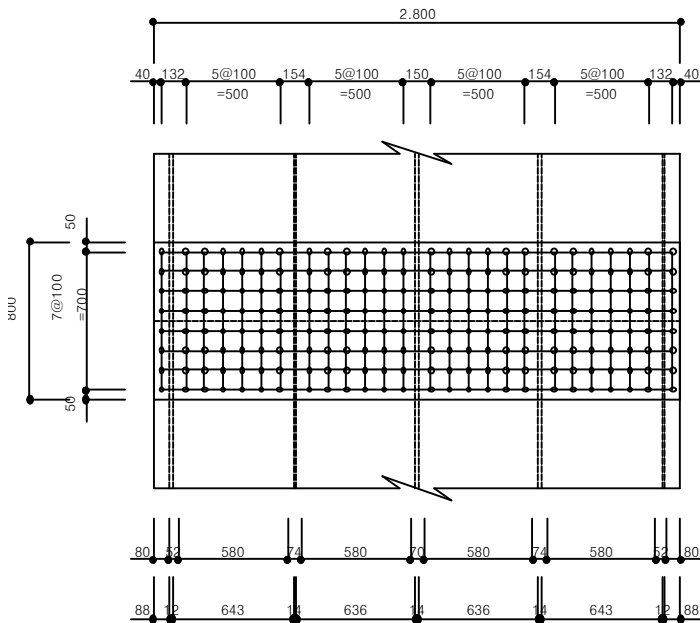
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 11313.0^2} = 62418.4 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 81.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.121\text{E}+06 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{9.521\text{E}+05 \times 9.736\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 16752 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1121.270 kN) , S_v : 합성후 전단력(952.138 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1940.74 - 9.0) = 97359545 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 16751.5^2} = 71060.4 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

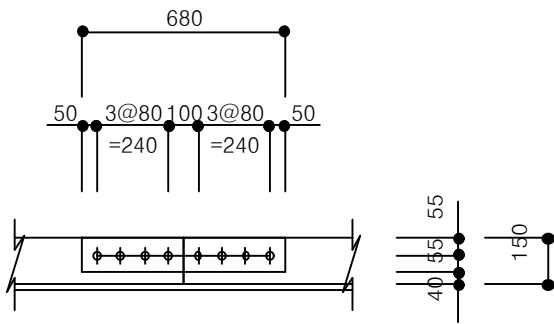
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

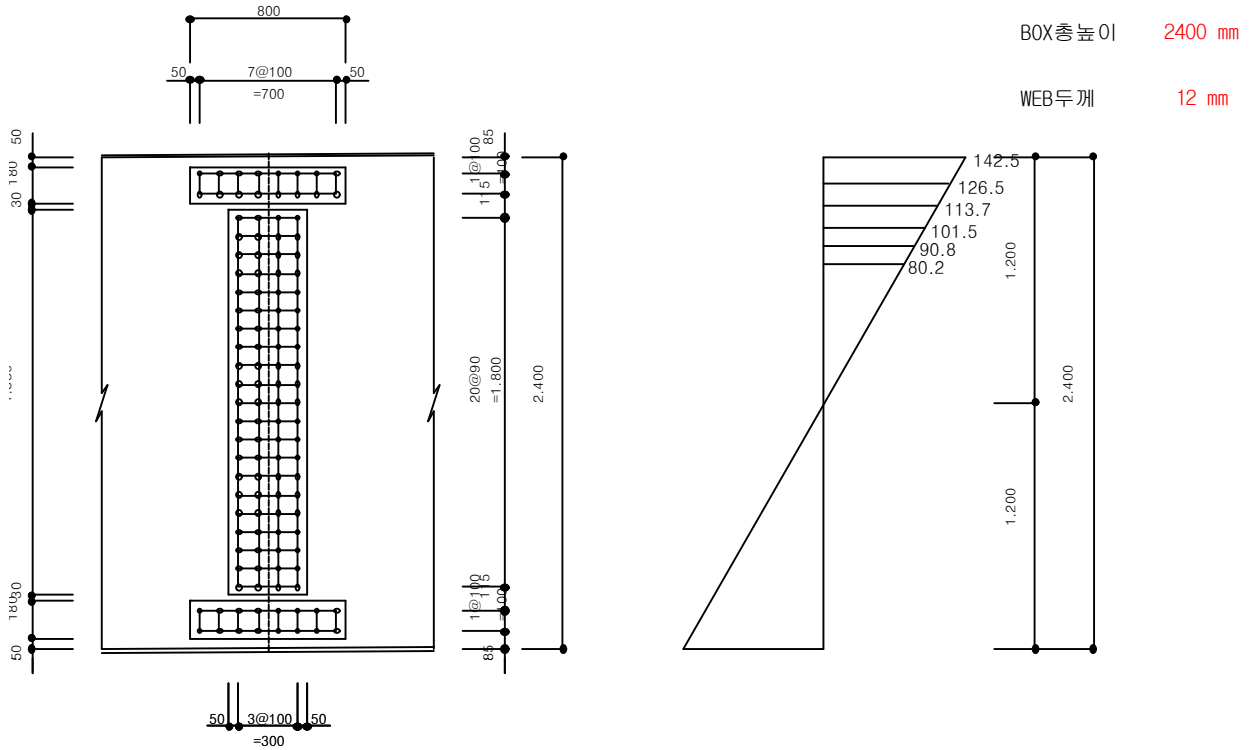
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200 \text{ mm}$

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2 b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2 b h/t), \quad \tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2073.4 \times 1000}{2} + \frac{1449.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 22659.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 22659.2^2)} = 69955.9 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 29626309531 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5700.5 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 449.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 8310.6 \times \frac{2.96263E+10}{3.62412E+11} = 679.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 5700.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8310.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.62412E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 4.37652E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 489.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1940.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{449.856 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{679.370 \times 1000000}{43765183715} \times 489.263 \\ &= 29.832 + 7.595 = 37.427 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{449.856 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{679.370 \times 1000000}{43765183715} \times 1940.737 \\ &= 26.828 + 30.126 = 56.954 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

19) SPLICE - 19 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 13647.200 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 12224.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 301.453 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 482.951 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 647.577 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 144.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -154.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

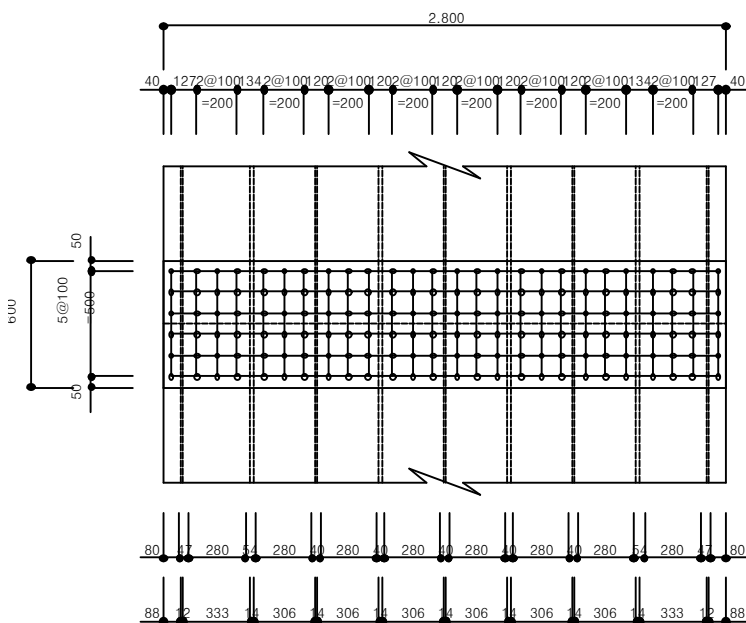
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 144.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 144.0 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{96000.0} \approx 51 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{190.0} = 25456.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25456.6 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{52000.0} = 93.014 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 144.0}{78 \text{ EA}} = 62009.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.015\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{4.830\text{E}+05 \times 1.624\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3407 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(301.45 kN) , S_v : 합성후 전단력(482.95 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (489.26 - 6.0) = 16237637 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

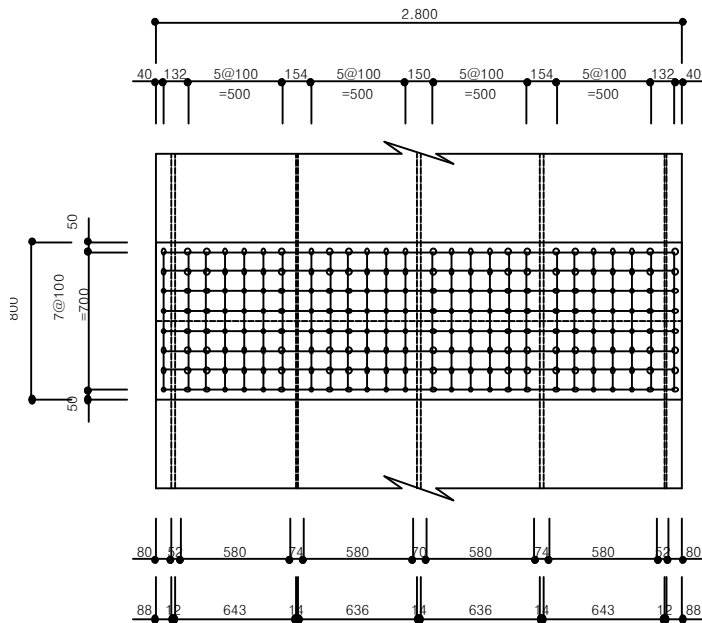
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{62009.7^2 + 3406.5^2} = 62103.2 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 154.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 154.6 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 154.6}{96000.0} \approx 82 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 154.6}{190.0} = 41021.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 41021.4 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 154.6}{55720.0} = 139.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 154.6}{104 \text{ EA}} = 74942.9 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.015E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{4.830E+05 \times 9.736E+07}{3.62412E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6145 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(301.453 kN) , S_v : 합성후 전단력(482.951 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1940.74 - 9.0) = 97359545 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{74942.9^2 + 6145.2^2} = 75194.4 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

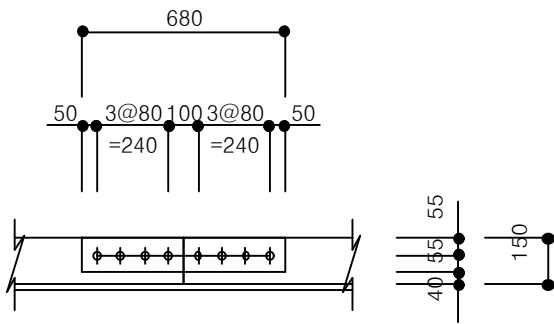
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{50400.0 \times 154.6}{38700.0} = 201.4 > f_a \quad N.G$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 154.6}{96000.0} \approx 3.4 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 154.6}{190.0} = 1709.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

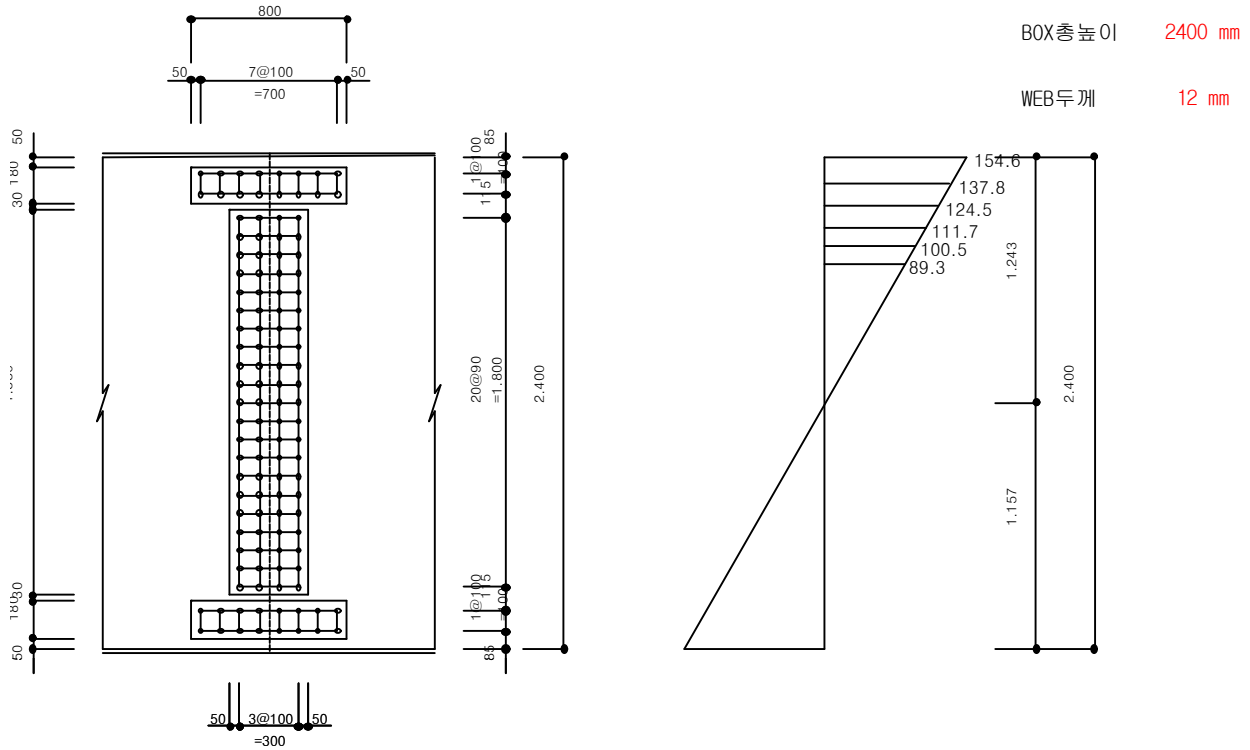
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1709.2 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 154.6}{2040.00} = 159.2 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1243$ mm

$$f_1 = f_l = 154.644 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 137.848 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 124.473 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 111.721 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 100.524 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 89.326 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{154.644 + 137.848}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 59229.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{137.848 + 124.473}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 42299.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{124.473 + 111.721}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 72629.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{111.721 + 100.524}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 57306.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{100.524 + 89.326}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51259.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2 b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2 b h/t), \quad \tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{784.4 \times 1000}{2} + \frac{647.6 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 8899.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(72630^2 + 8899.4^2)} = 73172.9 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 29626309531 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13647.2 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 1077.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 12224.0 \times \frac{2.96263E+10}{3.62412E+11} = 999.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 13647.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 12224.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 4.37652E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 489.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1940.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{1076.976 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{999.282 \times 1000000}{43765183715} \times 489.263 \\
 &= 71.419 + 11.171 = 82.590 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{1076.976 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{999.282 \times 1000000}{43765183715} \times 1940.737 \\
 &= 64.227 + 44.312 = 108.540 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

20) SPLICE - 20 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 12195.400 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 10092.900 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 558.810 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 660.355 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1361.910 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 134.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -133.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

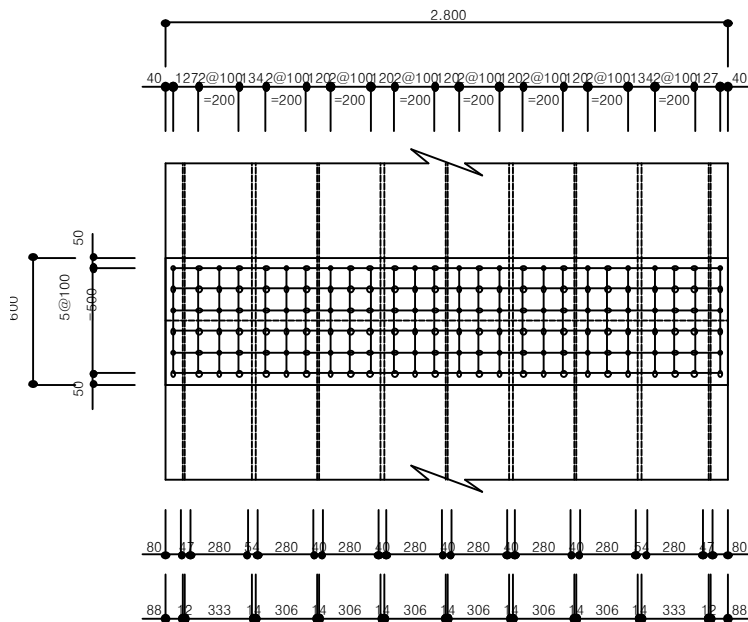
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 134.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.588\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{6.604\text{E}+05 \times 1.624\text{E}+07}{3.62412\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5937 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(558.81 kN) , S_v : 합성후 전단력(660.36 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (489.26 - 6.0) = 16237637 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.62412\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

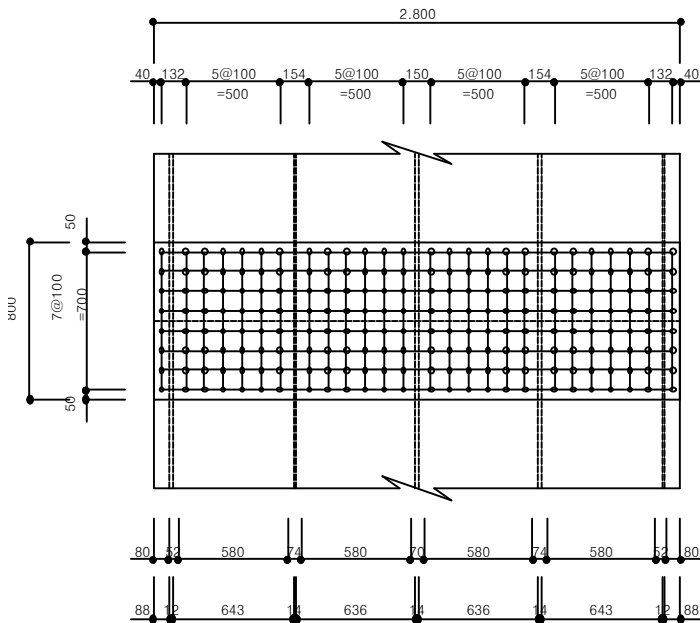
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 5937.0^2} = 61671.1 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 133.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.588E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{6.604E+05 \times 9.736E+07}{3.62412E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9693 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(558.810 kN) , S_v : 합성후 전단력(660.355 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1940.74 - 9.0) = 97359545 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{휨방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 9692.6^2} = 69734.6 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

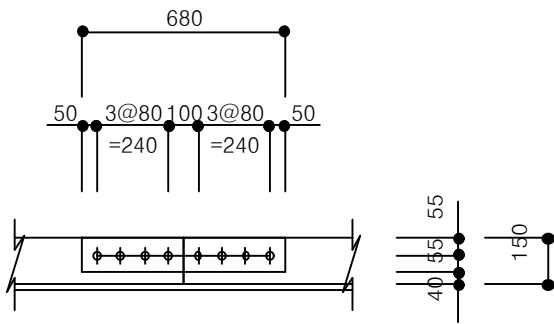
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

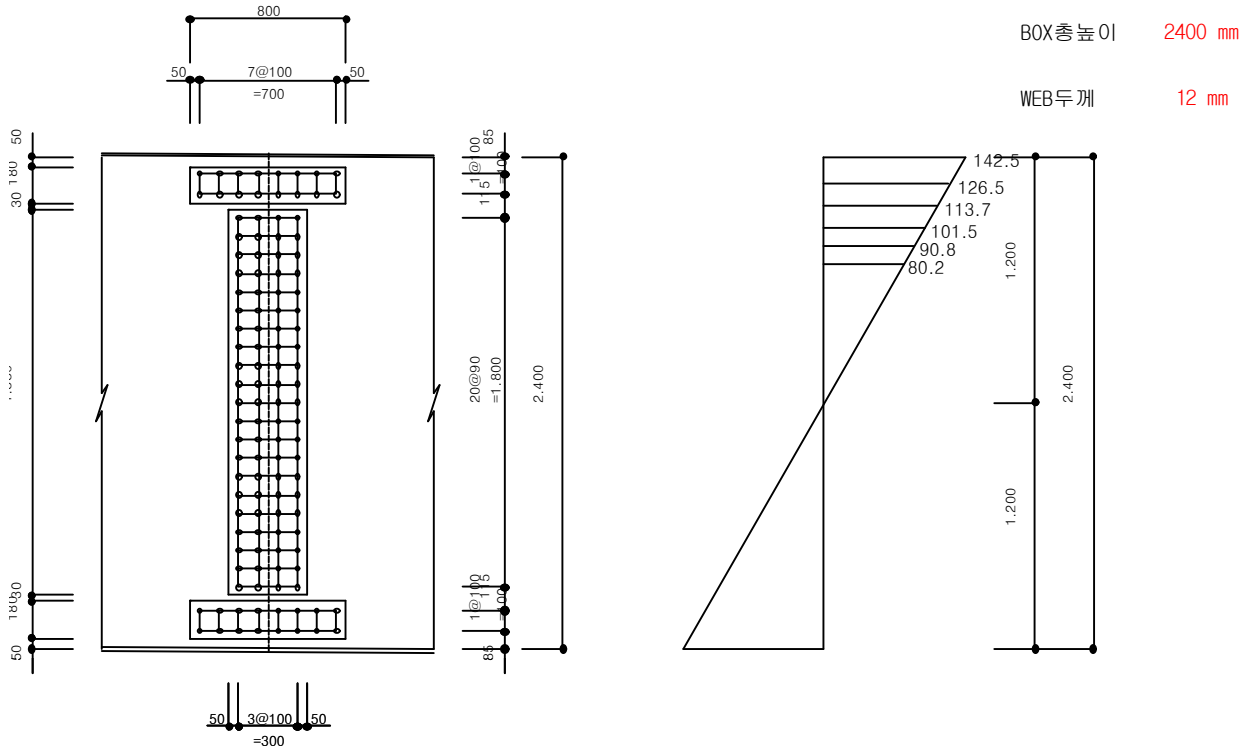
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t), \quad \tau_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1219.2 \times 1000}{2} + \frac{1361.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 15004.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 15004.9^2)} = 67864.1 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 29626309531 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12195.4 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 962.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 10092.9 \times \frac{2.96263E+10}{3.62412E+11} = 825.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 12195.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10092.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.62412E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1940.74 - 1200.00)^2 = 4.37652E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 489.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1940.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{962.406 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{825.070 \times 1000000}{43765183715} \times 489.263 \\
 &= 63.821 + 9.224 = 73.045 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{962.406 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{825.070 \times 1000000}{43765183715} \times 1940.737 \\
 &= 57.395 + 36.587 = 93.982 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한(도.설 3.5.2.4)

t_1 : 얇은쪽 모재의 두께 (mm)

$$t_1 > S \geq \sqrt{2 \cdot t_2}$$

t_2 : 두꺼운쪽 모재의 두께 (mm)

S : 필렛용접 치수 (mm)

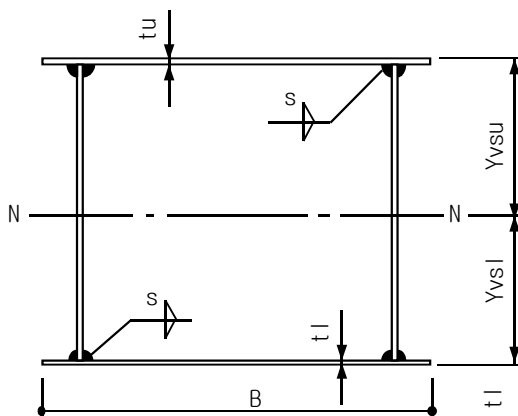
가) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

1) 필렛용접 치수 검토

t_u : 상부 플랜지 두께, t_l : 하부 플랜지 두께, t_w : 복부판 두께 (단위 : mm)

구 분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판			
	t_u	t_l	t_w	Smin	Smax	Suse	판정	Smin	Smax	Suse	판정
단면 - 1	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 2	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 3	12	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 4	18	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 5	24	18	12	6.9	12	7	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 6	32	24	12	8.0	12	8	OK	6.9	12	7	OK
단면 - 7	32	32	14	8.0	14	8	OK	8.0	14	8	OK
단면 - 8	12	16	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK

2) 용접부의 응력 검토



용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로교 표준시방서 P26)

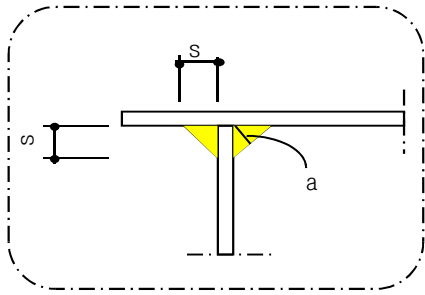
$$u = \frac{S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a} < u_a$$

u : 전단 응력 (MPa)

u_a : 허용 전단 응력 (도.설 3.3.2.1)

S : 총 작용전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한



$$\text{단면 1차 모멘트 (mm}^3\text{)} = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$$

I_v : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (mm^4)

$$\Sigma a : \text{필렛 용접의 목두께의 합 (mm)} = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

응력 검토 결과

① 상부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Yvsu (mm)	Q (mm ³)	Iv (mm ⁴)	s (mm)	Σ a (mm)	υ (MPa)	υ a (MPa)	비 고
단면-1	2793.98	12	2800	33600	741	2.471E+07	2.472E+11	6	17	16.5	110	OK
단면-2	2533.88	12	2800	33600	394	1.305E+07	2.962E+11	6	17	6.6	110	OK
단면-3	2140.67	12	2800	33600	489	1.624E+07	3.624E+11	6	17	5.7	110	OK
단면-4	2997.74	18	2800	50400	514	2.546E+07	3.950E+11	6	17	11.4	110	OK
단면-5	3288.85	24	2800	67200	903	5.990E+07	2.706E+11	7	20	36.8	110	OK
단면-6	4062.59	32	2800	89600	957	8.427E+07	3.163E+11	8	23	47.8	110	OK
단면-7	4415.34	32	2800	89600	1069	9.436E+07	3.628E+11	8	23	50.8	110	OK
단면-8	1752.85	12	2800	33600	463	1.535E+07	3.401E+11	6	17	4.7	110	OK

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Yvsl (mm)	Q (mm ³)	Iv (mm ⁴)	s (mm)	Σ a (mm)	υ (MPa)	υ a (MPa)	비 고
단면-1	2793.98	12	2800	33600	1483	4.961E+07	2.472E+11	6	17	33.0	110	OK
단면-2	2533.88	12	2800	33600	2030	6.800E+07	2.962E+11	6	17	34.3	110	OK
단면-3	2140.67	18	2800	50400	1941	9.736E+07	3.624E+11	6	17	33.9	110	OK
단면-4	2997.74	18	2800	50400	1922	9.641E+07	3.950E+11	6	17	43.1	110	OK
단면-5	3288.85	18	2800	50400	1539	7.710E+07	2.706E+11	6	17	55.2	110	OK
단면-6	4062.59	24	2800	67200	1500	9.996E+07	3.163E+11	7	20	64.9	110	OK
단면-7	4415.34	32	2800	89600	1395	1.235E+08	3.628E+11	8	23	66.5	110	OK
단면-8	1752.85	16	2800	44800	1965	8.768E+07	3.401E+11	6	17	26.6	110	OK

나) 지점부 보강재 용접부 검토

· 교대부

$$R_{\max} = 3058.534 \text{ kN}$$

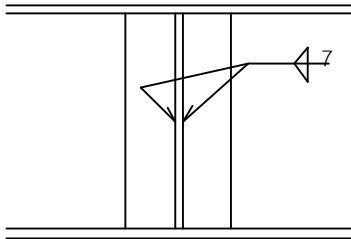
$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2200$$

$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\sum a \cdot l} = \frac{3058.534 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times 4.95 \times 2200}$$

$$= 35.109 \text{ MPa} \leq U a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$



· 교각부

$$R_{\max} = 8312.431 \text{ kN}$$

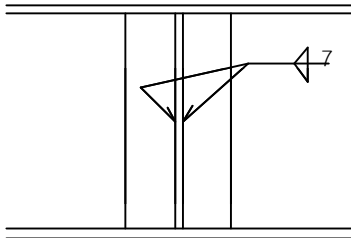
$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2400$$

$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\sum a \cdot l} = \frac{8312.431 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times 4.95 \times 2400}$$

$$= 87.467 \text{ MPa} \leq U a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$



6. 사용성 검토

6.1 피로 검토 (☞ 도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로, 국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

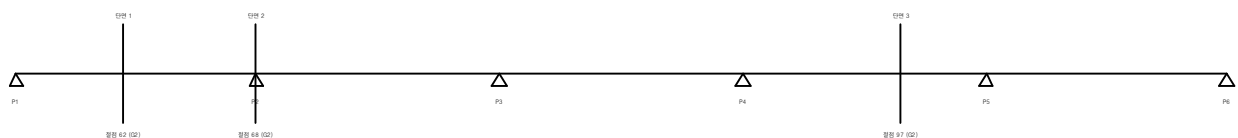
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회 이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회 이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

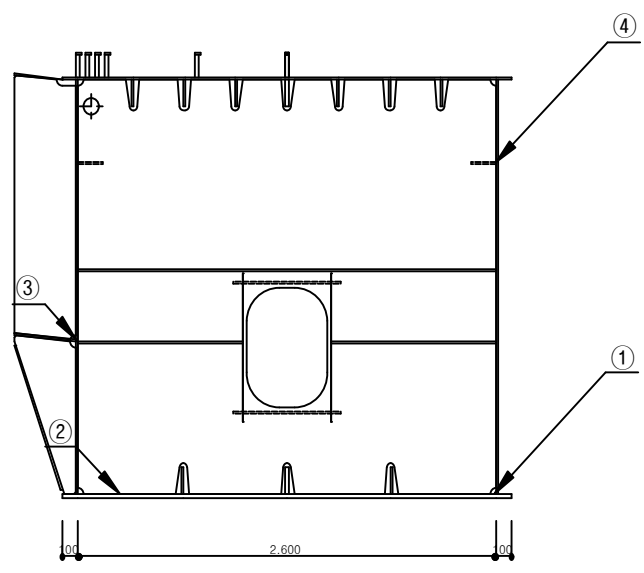
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



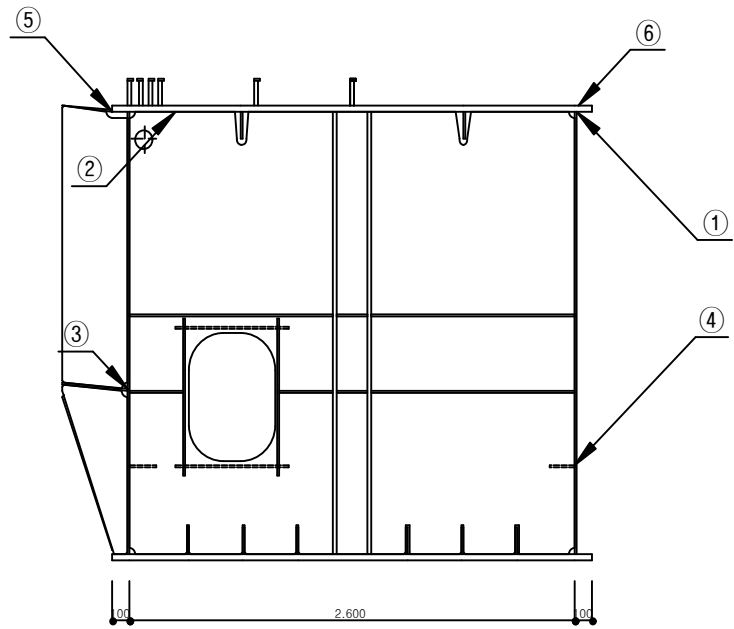
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



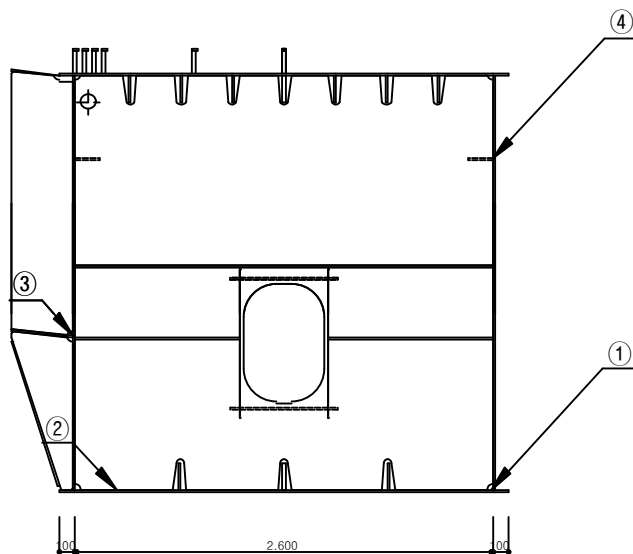
구분	상세	응력 범주	fsr (MPa)		비고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	전단피로검토
		F	63	84	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf : 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	7879.588	8969.691	3.603E+11	1889.8	41.329	47.047	B	126	203	0.K.
②				1889.8	41.329	47.047	C	91	147	0.K.
③				994.8	21.756	24.766	E	56	91	0.K.
④				30.2	0.660	0.752	E	56	91	0.K.

단면 II

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5143.855	10834.342	3.615E+11	1072.9	15.268	32.158	B	126	203	0.K.
②				1072.9	15.268	32.158	C	91	147	0.K.
③				400.1	5.694	11.992	E	56	91	0.K.
④				815.1	11.599	24.431	E	56	91	0.K.
⑤				1088.9	15.495	32.637	E	56	91	0.K.
⑥				1104.9	15.723	33.117	C	91	147	0.K.

단면 III

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	6991.112	8349.55	3.381E+11	1916.4	39.626	47.326	B	126	203	0.K.
②				1916.4	39.626	47.326	C	91	147	0.K.
③				1021.4	21.120	25.224	E	56	91	0.K.
④				3.6	0.074	0.089	E	56	91	0.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 101 을 설정 하였음

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \sum a}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

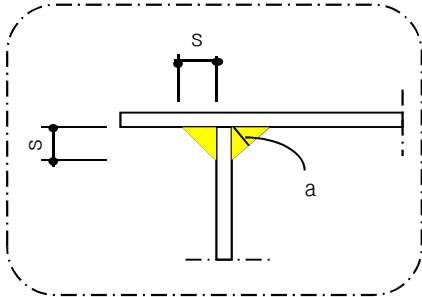
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(I) - t_u(I)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

$\sum a$: 필렛 용접의 목두께의 합 ($\text{mm} = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필렛 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	$\sum a$ (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1628.829	32	2800	89600	1073	9.599E+07	#####	8	22.6	19.1	63	OK
DL하중	2166.949									25.4	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsl} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	$\sum a$ (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1628.829	32	2800	89600	1391	1.245E+08	#####	8	22.6	24.8	63	OK
DL하중	2166.949									33.0	84	OK

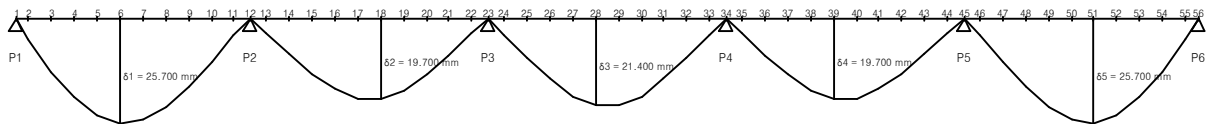
6.2 처짐 검토

충격하중을 포함한 활하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (도.설 3.2.3)

< Girder 1 >

(단위 : mm)

절점NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
처 짐 량	0.000	-4.910	-13.000	-19.500	-23.800	-25.700	-25.100	-22.000	-17.000	-10.800
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-4.277	-0.001	-3.334	-8.546	-13.500	-17.400	-19.600	-19.700	-17.700	-13.900
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	-8.941	-3.561	-0.001	-3.866	-9.671	-15.000	-19.200	-21.400	-21.400	-19.200
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
처 짐 량	-15.000	-9.673	-3.866	-0.001	-3.559	-8.937	-13.900	-17.700	-19.700	-19.600
절점NO.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
처 짐 량	-17.400	-13.500	-8.544	-3.333	-0.001	-4.277	-10.800	-17.000	-22.000	-25.100
절점NO.	51	52	53	54	55	56				
처 짐 량	-25.700	-23.800	-19.500	-13.100	-4.909	0.000				



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 51.275 m

$$\delta_1 = 25.700 \text{ m} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_2 = 19.700 \text{ m} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_3 = 21.400 \text{ m} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta 4 = 19.700 \text{ mm} < \delta a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

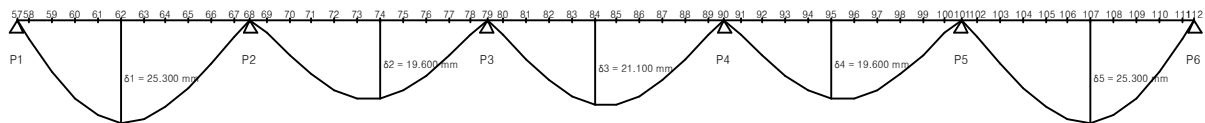
지간 길이 L = 51.275 m

$$\delta 5 = 25.700 \text{ mm} < \delta a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점NO.	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
처 짐 량	0.000	-4.829	-12.800	-19.200	-23.400	-25.300	-24.700	-21.700	-16.800	-10.700
절점NO.	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
처 짐 량	-4.208	-0.001	-3.297	-8.471	-13.400	-17.300	-19.500	-19.600	-17.600	-13.800
절점NO.	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
처 짐 량	-8.868	-3.526	-0.001	-3.806	-9.540	-14.800	-18.900	-21.100	-21.100	-18.900
절점NO.	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
처 짐 량	-14.800	-9.531	-3.801	-0.001	-3.531	-8.877	-13.800	-17.600	-19.600	-19.500
절점NO.	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
처 짐 량	-17.300	-13.400	-8.481	-3.301	-0.001	-4.205	-10.600	-16.700	-21.700	-24.700
절점NO.	107	108	109	110	111	112				
처 짐 량	-25.300	-23.400	-19.200	-12.800	-4.829	0.000				



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 51.275 m

$$\delta 1 = 25.300 \text{ mm} < \delta a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta 2 = 19.600 \text{ mm} < \delta a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_3 = 21.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_4 = 19.600 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 51.275 \text{ m}$

$$\delta_5 = 25.300 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$