

대구방향 45+4@52, S11~S15 - 상부구조

목 차

1. 설계기준
2. 단면가정
3. 바닥판 설계
 - 3.1 캔틸레버부
 - 가. 좌측 캔틸레버부
 - 나. 우측 캔틸레버부
 - 3.2 중앙부
 - 3.3 내부지정부 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 지정부 보강재
 - 6.4 책업보강재
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 지정부
 - 8.3 지정부 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
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : $L = 45.085 + 52.000 + 52.000 + 52.000 + 52.225 = 253.310 \text{ m}$
- v) 교량폭원 : $B = 12.145 \text{ m}$
- vi) 주형제원 : $B = 2.600 \text{ m}$ $H = 2.400 \text{ m}$
- vii) 사각 : 90.0°

2) 하중

i) 고정하중

(도.설 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : $W_{C1} = 25.000 \text{ kN/m}^3$
- 무근 콘크리트 : $W_{C2} = 23.500 \text{ kN/m}^3$
- 강재 : $W_s = 78.500 \text{ kN/m}^3$
- 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 $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_c = 26701 \text{ MPa}$
- ii) 철근(SD40) : 항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_s = 200000 \text{ MPa}$

iii) 강재

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

- 허용 인장 응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.1)

강종	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.

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

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 총단면의 단면회전반경 (mm)

- 허용 휨압축응력 (MPa)

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

휨좌굴이 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 : ℓ / b ≤ 4.5 140-2.4(ℓ /b-4.5): 4.5 < ℓ / b ≤ 30	190 : ℓ / b ≤ 4.0 190-3.8(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 30	210 : ℓ / b ≤ 3.5 210-4.4(ℓ /b-3.5): 3.5 < ℓ / b ≤ 27	260 : ℓ / b ≤ 5.0 260-6.6(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 25
	40 초과	130 : ℓ / b ≤ 5.0 130-2.2(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 30	175 : ℓ / b ≤ 4.0 175-3.5(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 30	200 : ℓ / b ≤ 4.0 200-4.2(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 27	250 : ℓ / b ≤ 5.0 250-6.2(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 25
	75 이하			195 : ℓ / b ≤ 4.0 195-4.0(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 27	245 : ℓ / b ≤ 5.0 245-6.0(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 25
	75 초과				
	100이하				
Aw/Ac > 2	40 이하	140 : ℓ / b ≤ 9/K 140-1.2(K ℓ /b-9): 9/K < ℓ / b ≤ 30	190 : ℓ / b ≤ 8/K 190-1.9(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 30	210 : ℓ / b ≤ 7/K 210-2.2(K ℓ /b-7): 7/K < ℓ / b ≤ 27	260 : ℓ / b ≤ 10/K 260-3.3(K ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 25
	40 초과	130 : ℓ / b ≤ 10/K 130-1.1(K ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 30	175 : ℓ / b ≤ 8/K 175-1.75(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 30	200 : ℓ / b ≤ 8/K 200-2.1(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 27	250 : ℓ / b ≤ 10/K 250-3.1(ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 25
	75 이하			195 : ℓ / b ≤ 8/K 195-2.0(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 27	245 : ℓ / b ≤ 10/K 245-3.0(K ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 25
	75 초과				
	100이하				
비 고		Aw : 복부판의 총 단면적 (mm²) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (mm²) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : √ (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		SM490Y	SM 570
판두께 (mm)	SM400	SM490	SM520	
	SMA400		SMA490	SMA 570
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	

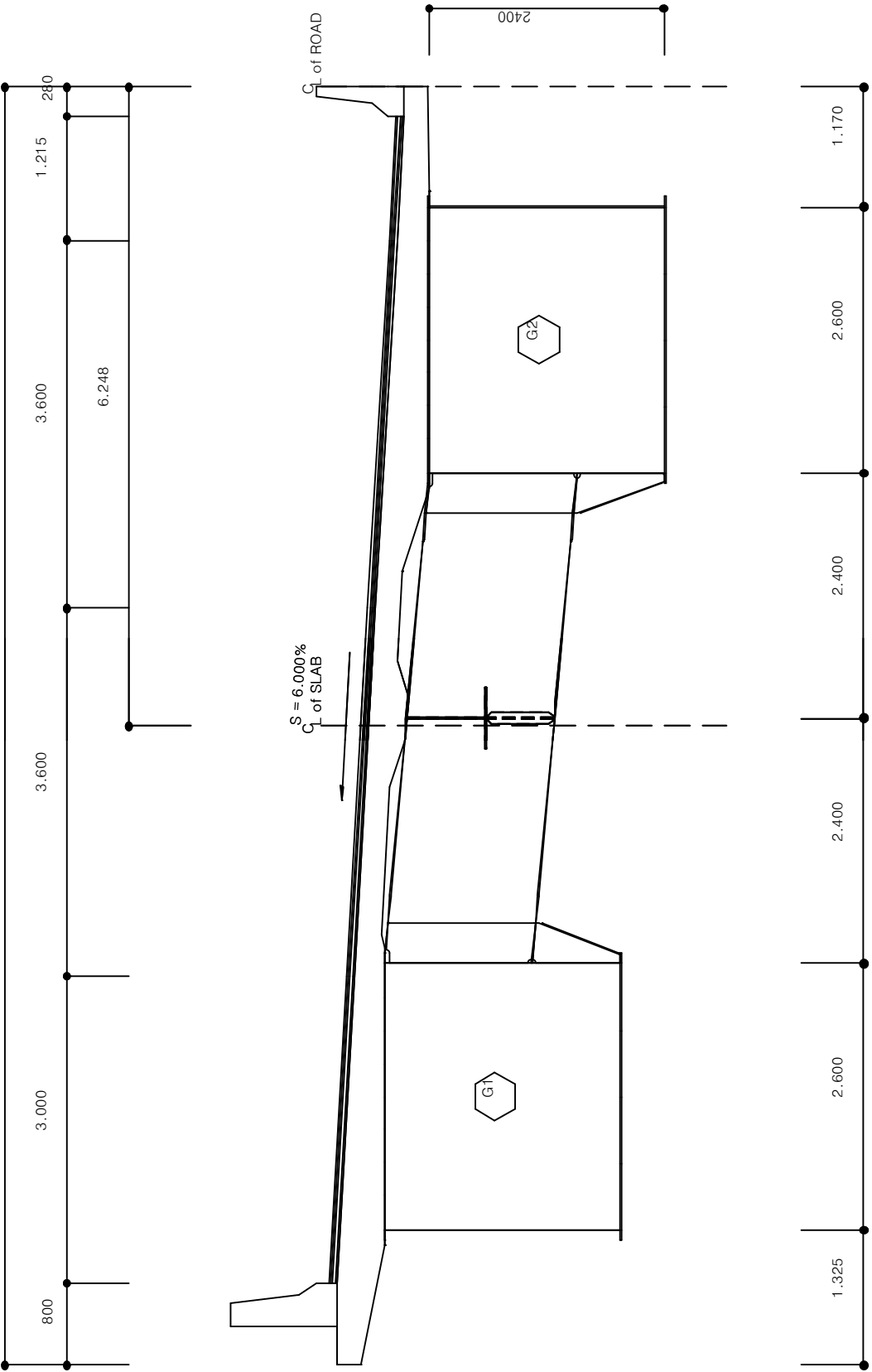
4) 설계방법

- 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)

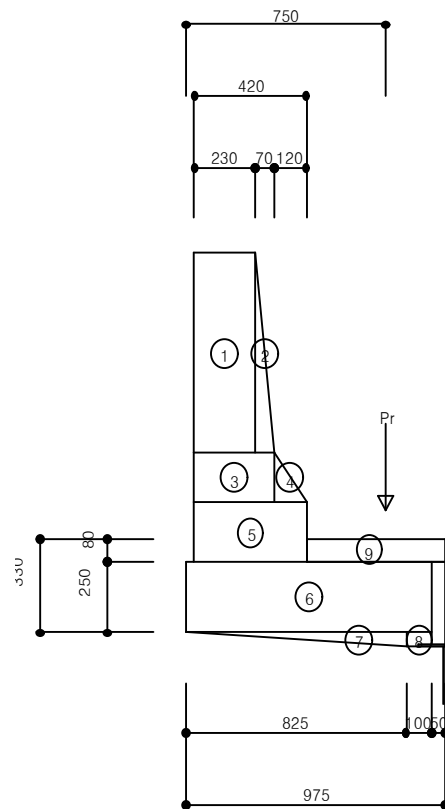
2. 단면가정



3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부

가. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.030 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
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.825 m
				L7 =	0.100 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	0.750 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	$0.925 \times 0.25 \times 25 = 5.781$	0.463	2.674
7	$\frac{1}{2} \times 0.825 \times 0.05 \times 25 = 0.516$	0.375	0.193
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
TOTAL	15.661		9.211

$$\therefore M_d = 9.211 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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

바) 하중 조합

(도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 9.211 + 2.15 \times 17.063 + 1.3 \times 15.358 = 68.626 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 9.211 + 1.3 \times 17.063 + 1.3 \times 15.358 + 1.3 \times 35.1 \\ &= 99.752 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 9.211 + 1.3 \times 17.063 + 1.3 \times 15.358 + 0.65 \times 1.74 \\ &= 55.253 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 9.211 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 35.1 = 55.262 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad Mu5 &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 9.211 + 1.3 \times 1.74 \\ &= 14.237 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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)

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

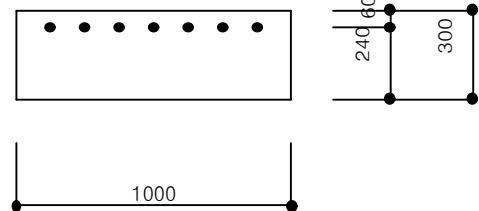
자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ M_u &= 99.752 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300 \text{ mm} \\ d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\ &= 99752000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1282.1 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1709.5 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0066 < P_{\text{max}} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \text{O.K. !!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 226.154 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 122.167 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 99.752 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{0.925} = 125 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1282.142 \times 0.67 = 859.0 \text{ mm}^2$$

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

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

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd d\&As} &= 1282.1 \text{ mm}^2 \times 2 = 2564.3 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 \text{Asuse} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}
 \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd d\&As} &= 859.0 \text{ mm}^2 \times 2 = 1718.1 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } \text{H 22 @ 150} &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}
 \end{aligned}$$

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=0.925m) 이상 -- 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$$t_{\min} = L / 10 = 925.0 / 10 = 92.50 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{\max} = 42.154 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned}
 M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 9.211 + 17.063 + 15.358 + 0.522 \\
 &= 42.154 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

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

$$p = A_s / b d = 1589 / (1000 \times 240) = 0.0066$$

$$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.053 + \sqrt{\{(0.053)^2 + 2 \times 0.053\}} = 0.2768$$

$$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.277 / 3) = 0.908$$

$$f_{s\max} = \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{42.154 \times 1000000}{0.0066 \times 1000 \times 0.908 \times 240^2}$$

$$= 121.787 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

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

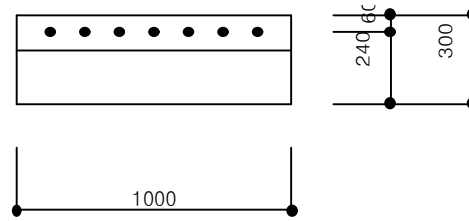
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

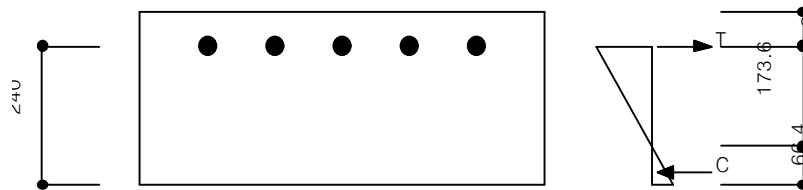
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

$$\textcircled{4} \quad \omega a = 0.0050 \times 52 = 0.26 \text{ mm}$$

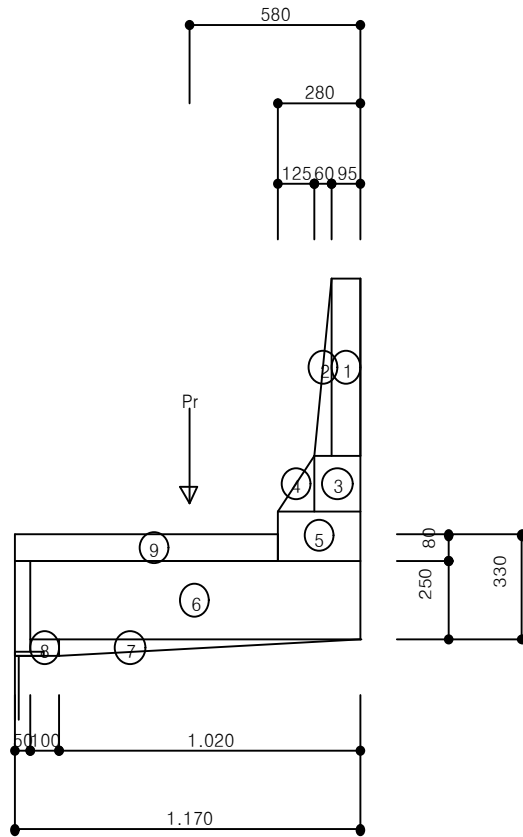
$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\frac{d_c \times A}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.35 \times 121.787 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 15000.0}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 0.171 \text{ mm} < \omega a = 0.260 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

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

$$= 233.6 / 173.6 = 1.35$$



나. 우측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.095 m
아스팔트포장 단위중량	23.000 kN/m ³	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

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

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

$$\begin{aligned} \text{작용높이 } h &= 0.890 \text{ m} \\ M_{co} &= 10.000 \times 0.890 = 8.900 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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)

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

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

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

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 강교편 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교편 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

아) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

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

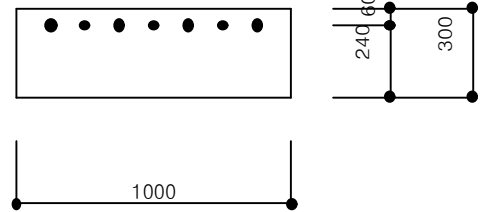
자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ M_u &= 128.963 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300 \text{ mm} \\ d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

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

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

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

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

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

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

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

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

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

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

[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.

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

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

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

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

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

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

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

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

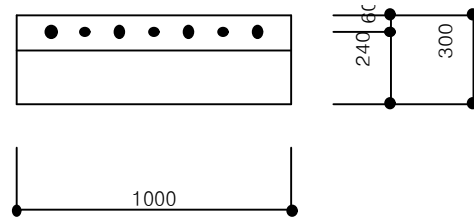
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

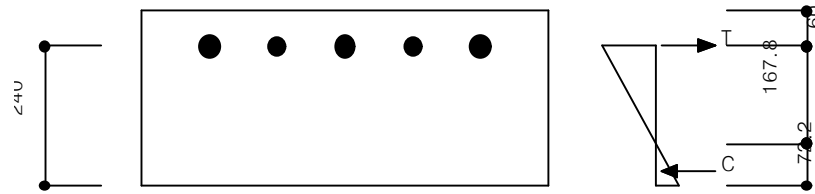
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

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

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)

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

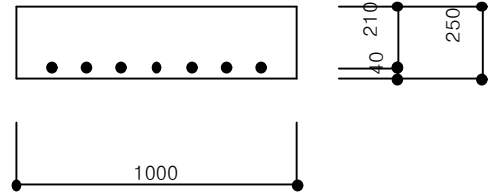
바) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ M_u &= 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000.00 \text{ mm} & h &= 250.00 \text{ mm} \\ d' &= 40.00 \text{ mm} & d &= 210.00 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -2.96 A_s^2 + 71400 A_s \\ &= 91766000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1362.25 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1816.33 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 420.00 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 735.00 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 682.00 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.40 \text{ mm}^2 \\ H 16 @ 250 &= 794.40 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !! \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 196.154 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 105.961 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K. \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\begin{aligned} \text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} &= 120 / \sqrt{2.600} = 74 \% > 67 \% \\ A_s \times 67\% &= 1362.247 \times 0.67 = 912.7 \text{ mm}^2 \\ \text{수축} \cdot \text{온도철근량} &: 0.0020 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 13 @ 150 &= 844.7 \text{ mm}^2 \quad N.G. !! \end{aligned}$$

② 중앙지간 단부

[Req'd d&As]

들보단부이외의 중간지간의 바닥판에 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd d\&As} &= 1362.2 \text{ mm}^2 \times 2 = 2724.5 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \text{H 22 @ 200} &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 \text{Asuse} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}
 \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd d\&As} &= 912.7 \text{ mm}^2 \times 2 = 1825.4 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } \text{H 22 @ 150} &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}
 \end{aligned}$$

[배치범위]

중앙부 바닥판의 고정하중에 대한 지간의 1/2이상(L=1.3m) ----> 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (도.설 4.3)

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

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

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

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

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

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

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

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

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

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

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

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

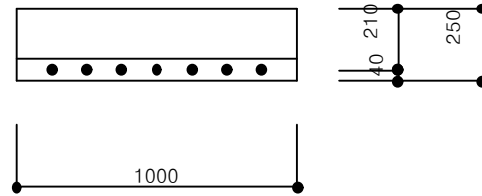
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

㉠ $\omega_a = 0.0050 \times t_c$ (철근 콘크리트 일반 환경 조건)

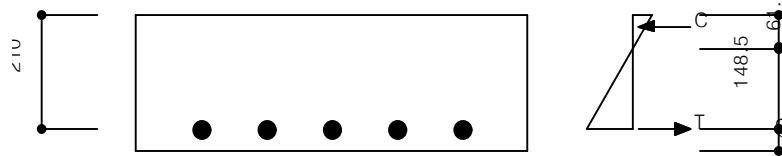
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

㉡ $\omega_a = 0.0050 \times 32 = 0.16$

㉢ $\omega = 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{dc \times A} \times 0.00001$
 $= 1.080 \times 1.27 \times 162.167 \times \sqrt[3]{40 \times 10000.0} \times 0.00001$
 $= 0.164 \text{ mm} > \omega_a = 0.160 \therefore \text{N.G}$

여기서, $\beta_c =$ 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 :

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

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

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

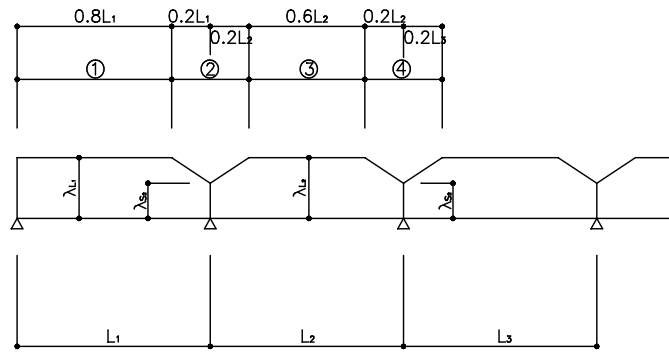
$$\therefore A_s = 7742.000 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 5000.000 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.!!}$$

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

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 $be = 0.100$ m

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

$L1 = 44.500$ m

$L2 = 52.000$ m

$L3 = 52.000$ m

$L4 = 52.000$ m

$L5 = 51.500$ m

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 44.5 = 35.600 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 35.6 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + be) = 2.800 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 35.6 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 1.3 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + be) = 2.800 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (44.5 + 52) = 19.300 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 19.3 = 0.067$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.124 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.449 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 19.3 = 0.067$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.124 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.449 \text{ m}$$

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

$$l = 0.2 \times (L4 + L5) = 0.2 \times (52 + 51.5) = 20.700 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 20.7 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S4 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.14 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S4 + b_e) = 2.480 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.3 / 20.7 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S4 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.14 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S4 + b_e) = 2.480 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L5 = 0.8 \times 51.5 = 41.200 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.3 / 41.2 = 0.032$$

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

$$b/l = 1.3 / 41.2 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

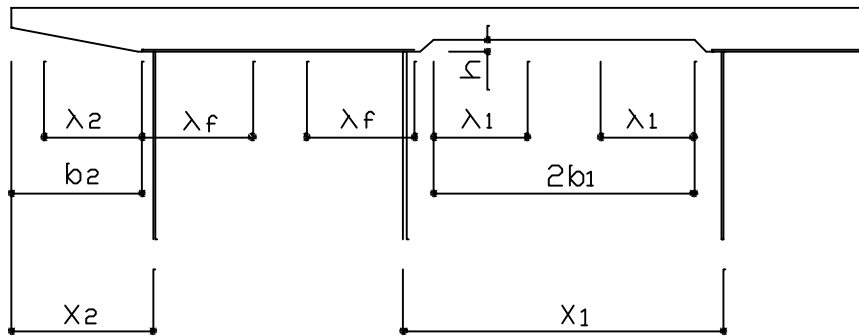
$$\lambda L5 = b = 1.3 \text{ m}$$

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

나) 바닥판 유효폭 (도.설 3.9.2.4)

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지면도 상판내의 전단지면과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다

1) GIRDER - 1



$X1 = 4.800$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X2 = 0.975$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$be = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b1 = X1 - 2(be + h) = 4.8 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.500 \text{ m}$$

$$b2 = X2 - be = 0.975 - 0.1 = 0.875 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 44.5 = 35.600 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 35.6 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.191 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.875 / 35.6 = 0.025$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda2 = b = 0.875 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda1 + \lambda2 + h = 5.916 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (44.5 + 52) = 19.300 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 19.3 = 0.117$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.683 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.875 / 19.3 = 0.045$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.809 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.991 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L_2 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.875 / 31.2 = 0.028$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.875 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.875 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_2 + L_3) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.875 / 20.8 = 0.042$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.817 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.074 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L_3 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.875 / 31.2 = 0.028$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.875 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.875 \text{ m}$$

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

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

$$b2 / l = 0.875 / 20.8 = 0.042$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.817 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.074 \text{ m}$$

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

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

$$b2 / l = 0.875 / 31.2 = 0.028$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.875 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.875 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L4 + L5) = 0.2 \times (52 + 51.5) = 20.700 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 20.7 = 0.109$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.722 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.875 / 20.7 = 0.042$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.816 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.068 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L5 = 0.8 \times 51.5 = 41.200 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 41.2 = 0.055$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.229 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.875 / 41.2 = 0.021$$

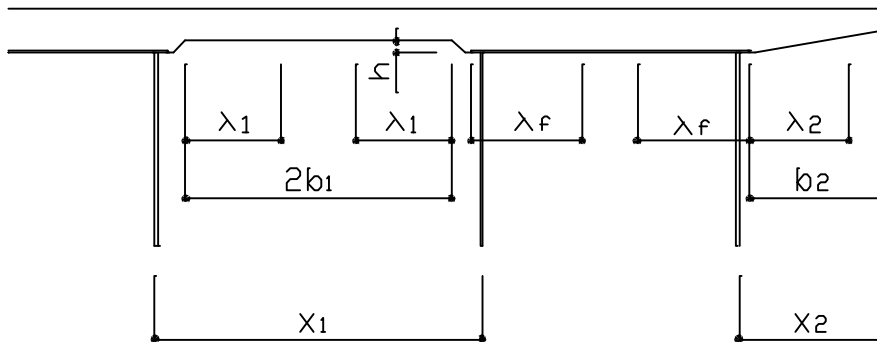
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.875 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.954 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



$X_1 = 4.800$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.170$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 4.8 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.500 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.17 - 0.1 = 1.070 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 44.5 = 35.600 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 35.6 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.191 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 35.6 = 0.030$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.111 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (44.5 + 52) = 19.300 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 19.3 = 0.117$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.683 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 19.3 = 0.055$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.959 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.141 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L_2 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

4. 제 2 종간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_2 + L_3) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 20.8 = 0.051$$

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

$$l = 0.6 \times L_3 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 31.2 = 0.034$$

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

$$l = 0.2 \times (L_3 + L_4) = 0.2 \times (52 + 52) = 20.800 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 20.8 = 0.108$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.725 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 20.8 = 0.051$$

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

$$l = 0.6 \times L_4 = 0.6 \times 52 = 31.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 31.2 = 0.072$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.15 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 31.2 = 0.034$$

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

$$l = 0.2 \times (L_4 + L_5) = 0.2 \times (52 + 51.5) = 20.700 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.25 / 20.7 = 0.109$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.722 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.07 / 20.7 = 0.052$$

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

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.222 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L5 = 0.8 \times 51.5 = 41.200 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.25 / 41.2 = 0.055$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.229 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.07 / 41.2 = 0.026$$

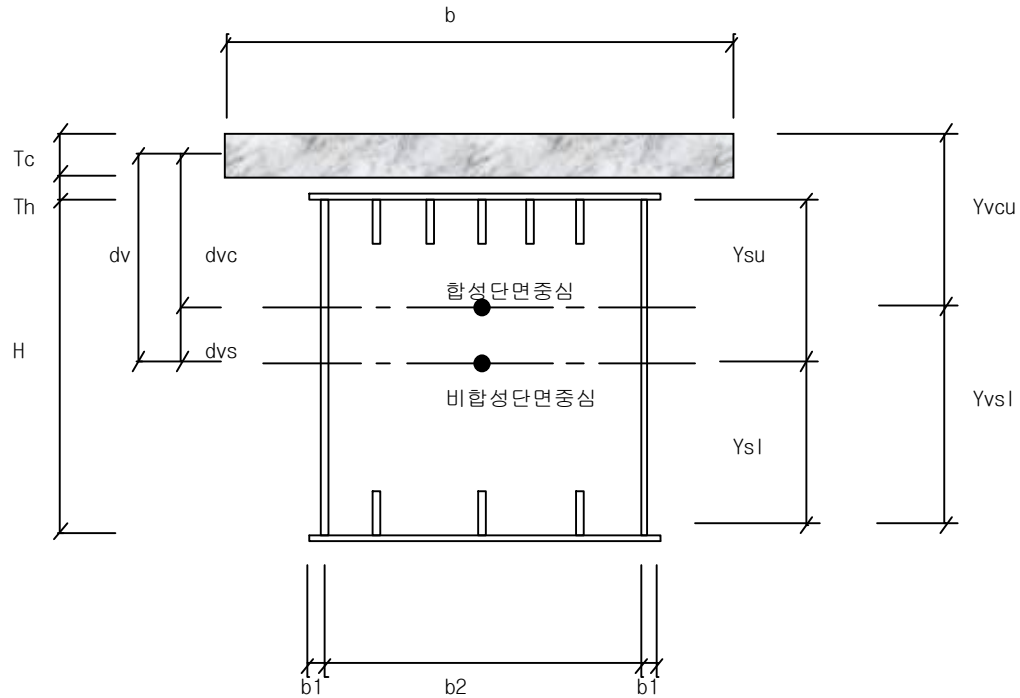
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.149 \text{ m}$$

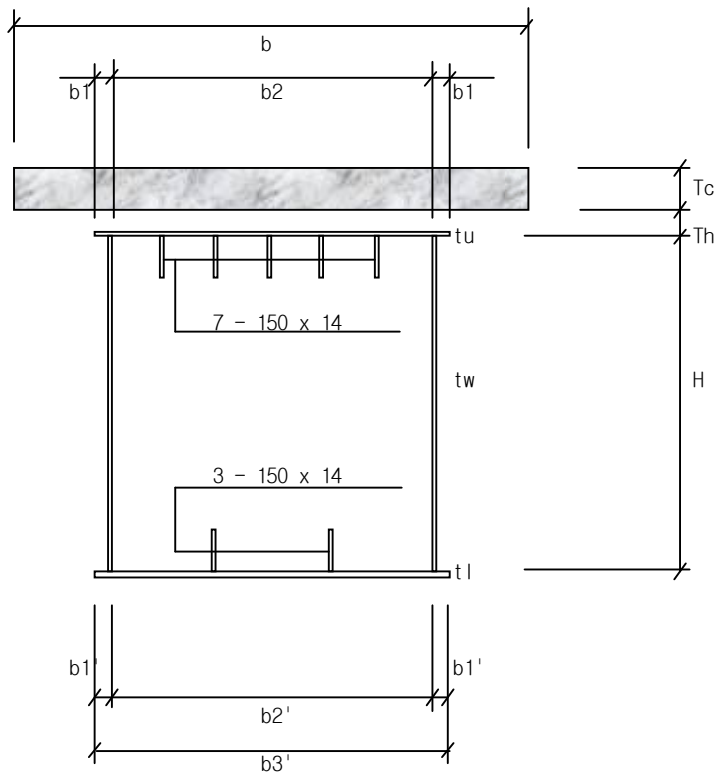
4.2 단 면 가 정



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

◎ 단면 < 1 >



b	=	5975.000	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)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2200.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2212.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2212^2) / (2 \times 2212/12 + 2612/12 + 2612/12) \\
&= 166081222535 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

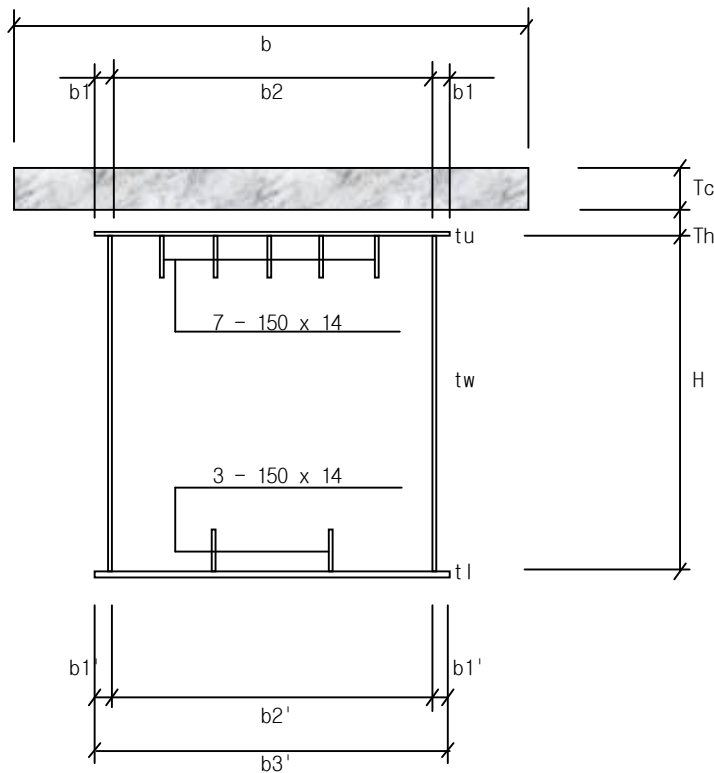
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 141000 + 1493750 / 8 = 327719 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2200.000 / 2 - 61.064 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1213.94 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1213.936 \times 141000 / 327719 = 522.29 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1213.936 - 522.292 = 691.64 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 125075006026 + 7779947917 / 8 + 141000 \times 691.644^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 522.292^2 = 244432711953 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 133962214400 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 689460220585 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2212^2) / (2 \times 2212/12 + 2612/43.25 + 2612/12) \\
&= 206469541919 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 2 >



b	=	5975.000	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)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2412.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2612/12 + 2612/12) \\
&= 189610578443 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

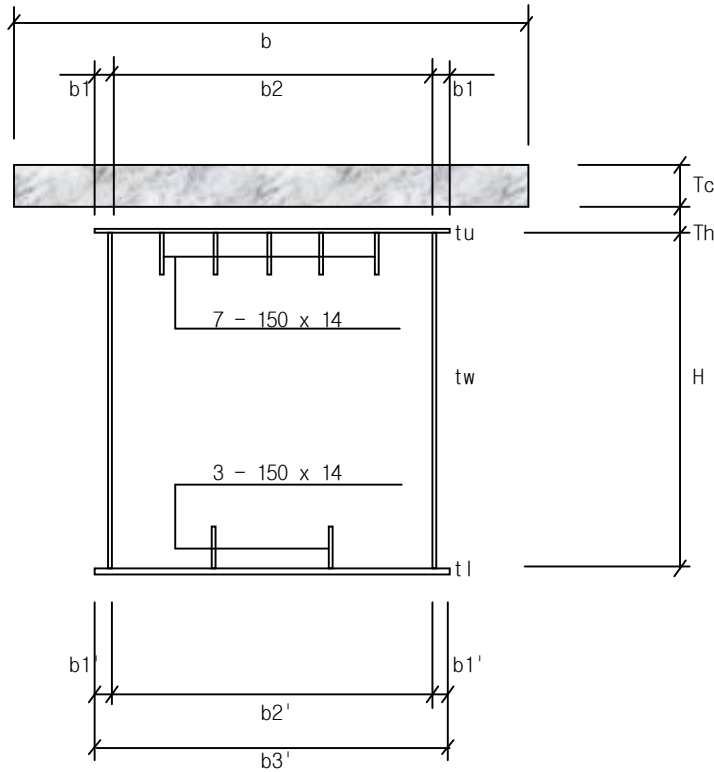
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 145800 + 1493750 / 8 = 332519 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 64.815 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1310.19 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1310.185 \times 145800 / 332519 = 574.48 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1310.185 - 574.479 = 735.71 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 151391905600 + 7779947917 / 8 + 145800 \times 735.706^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 574.479^2 = 292902695508 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 142149324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 697647330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2612/43.25 + 2612/12) \\
&= 233460754432 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 3 >



b	=	5975.000	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

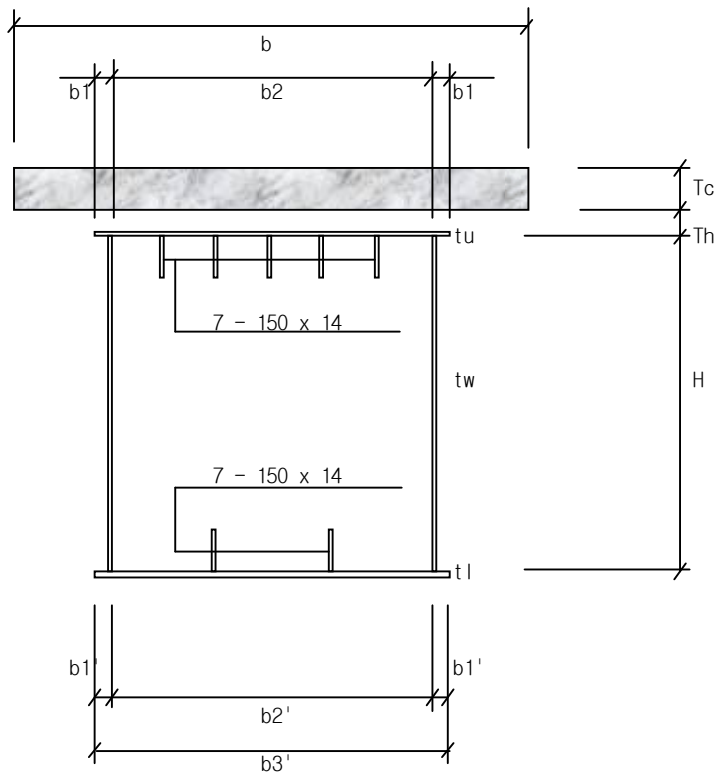
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 162600 + 1493750 / 8 = 349319 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 67.417 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1442.42 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1442.417 \times 162600 / 349319 = 671.41 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1442.417 - 671.413 = 771.00 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 176066011129 + 7779947917 / 8 + 162600 \times 771.004^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 671.413^2 = 357867564349 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 153125324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 708623330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 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	=	5975.000	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	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		171000		-20412000	159747147000	27704889000

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

$$= 159747147000 + 27704889000 = 187452036000 \text{ mm}^4$$

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

$$= -20412000 / 171000 = -119.37 \text{ mm}$$

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

$$= 187452036000 - 171000 \times (-119.368)^2 = 185015487789 \text{ mm}^4$$

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

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

$$= 153125324800 \text{ mm}^4$$

- 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

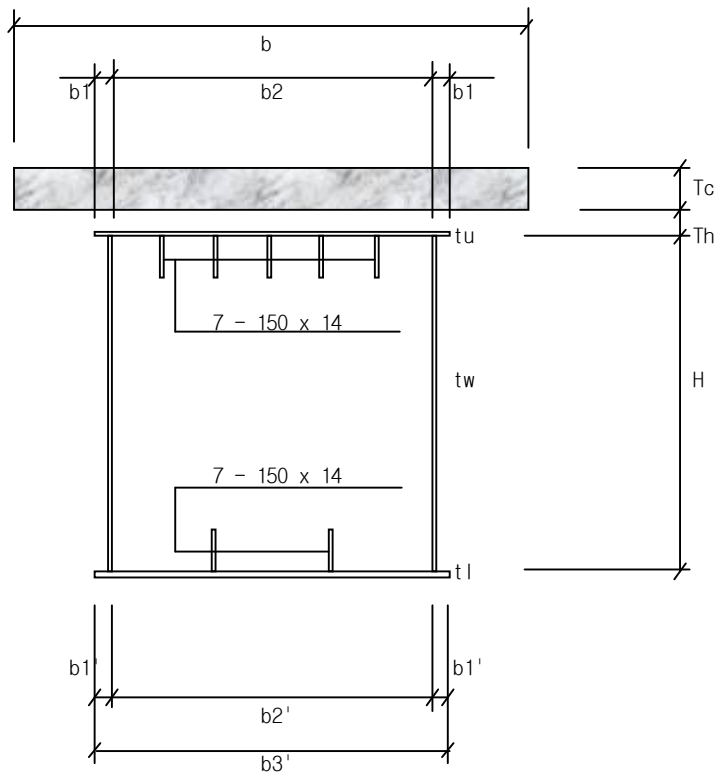
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 171000 + 1493750 / 8 = 357719 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 119.368 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1494.37 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1494.368 \times 171000 / 357719 = 714.35 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1494.368 - 714.352 = 780.02 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 185015487789 + 7779947917 / 8 + 171000 \times 780.017^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 714.352^2 = 385311112115 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 153125324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 708623330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 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 < 5 >



b	=	5975.000	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

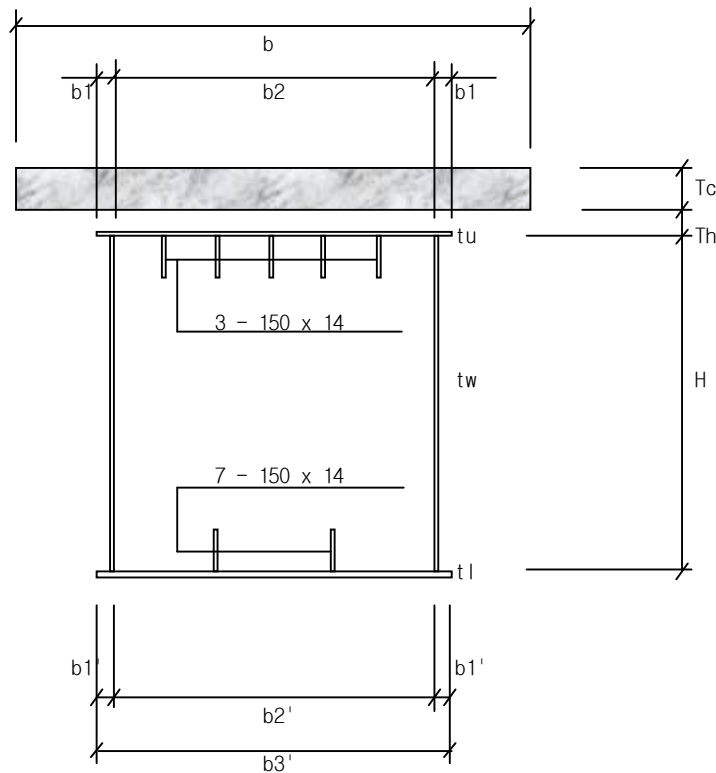
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 187800 + 1493750 / 8 = 374519 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1375.000 \times 187800 / 374519 = 689.48 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 689.485 = 685.52 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 212252666400 + 7779947917 / 8 + 187800 \times 685.515^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 689.485^2 = 390242312371 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 164101324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 719599330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 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 < 6 >



b	=	5975.000	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	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		213000		-9450000	224004198600	27693826200

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

$$= 224004198600 + 27693826200 = 251698024800 \text{ mm}^4$$

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

$$= -9450000 / 213000 = -44.37 \text{ mm}$$

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

$$= 251698024800 - 213000 \times (-44.366)^2 = 251278764237 \text{ mm}^4$$

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

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

$$= 186053324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 24.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2424.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2424^2) / (2 \times 2424/12 + 2612/24 + 2612/24) \\
&= 257937202965 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

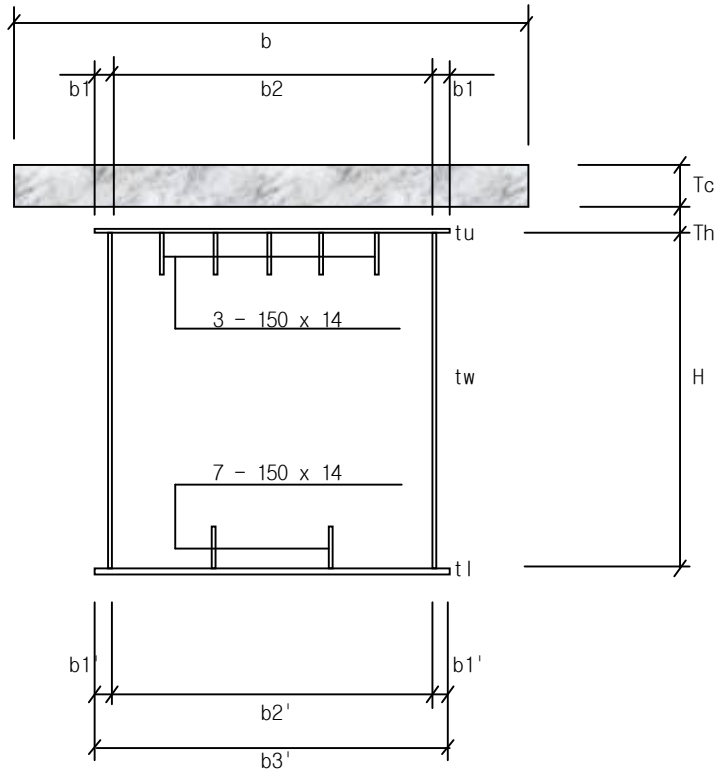
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 213000 + 1493750 / 8 = 399719 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 44.366 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1419.37 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1419.366 \times 213000 / 399719 = 756.34 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1419.366 - 756.344 = 663.02 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 251278764237 + 7779947917 / 8 + 213000 \times 663.022^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 756.344^2 = 452699351405 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 186053324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 741551330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2424^2) / (2 \times 2424/12 + 2612/55.25 + 2612/24) \\
&= 286285099091 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 7 >



b	=	5975.000	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	구 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

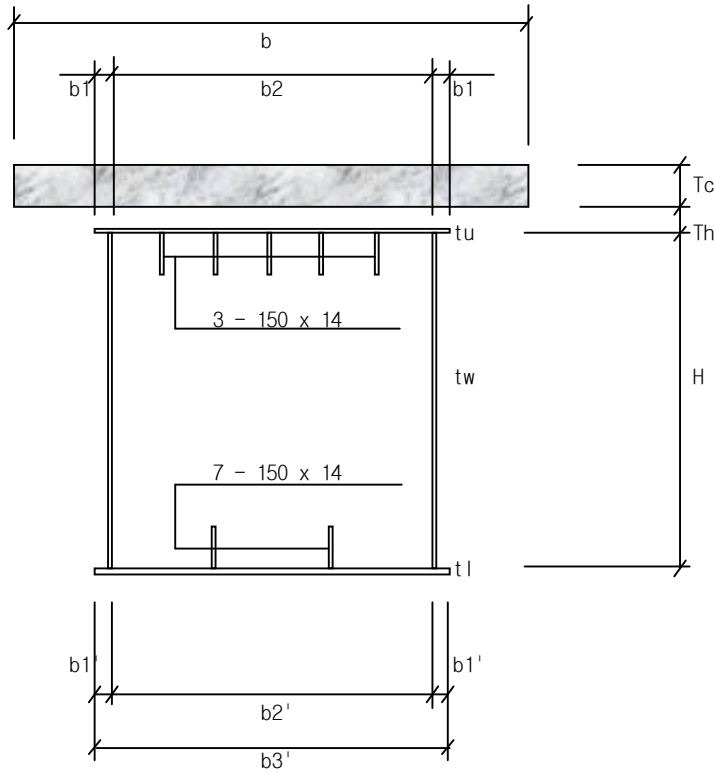
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 267400 + 1493750 / 8 = 454119 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 35.340 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1410.34 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1410.340 \times 267400 / 454119 = 830.45 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1410.340 - 830.455 = 579.89 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 323529980965 + 7779947917 / 8 + 267400 \times 579.886^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 830.455^2 = 543191878454 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 231872763733 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 787370769918 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 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	=	5975.000	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)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 32.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2428.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2428^2) / (2 \times 2428/12 + 2612/32 + 2612/24) \\
&= 270330785822 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

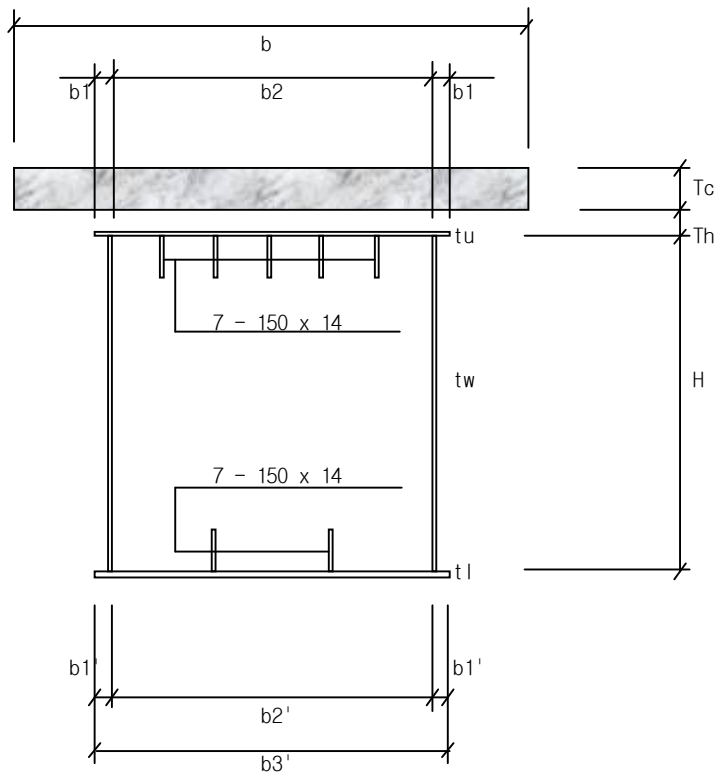
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 235400 + 1493750 / 8 = 422119 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 76.709 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1298.29 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1298.291 \times 235400 / 422119 = 724.01 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1298.291 - 724.009 = 574.28 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 284091843675 + 7779947917 / 8 + 235400 \times 574.28^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 724.009^2 = 460575247822 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 200687991467 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 756185997652 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2428^2) / (2 \times 2428/12 + 2612/63.25 + 2612/24) \\
&= 289981327445 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 9 >



b	=	5975.000	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	구 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

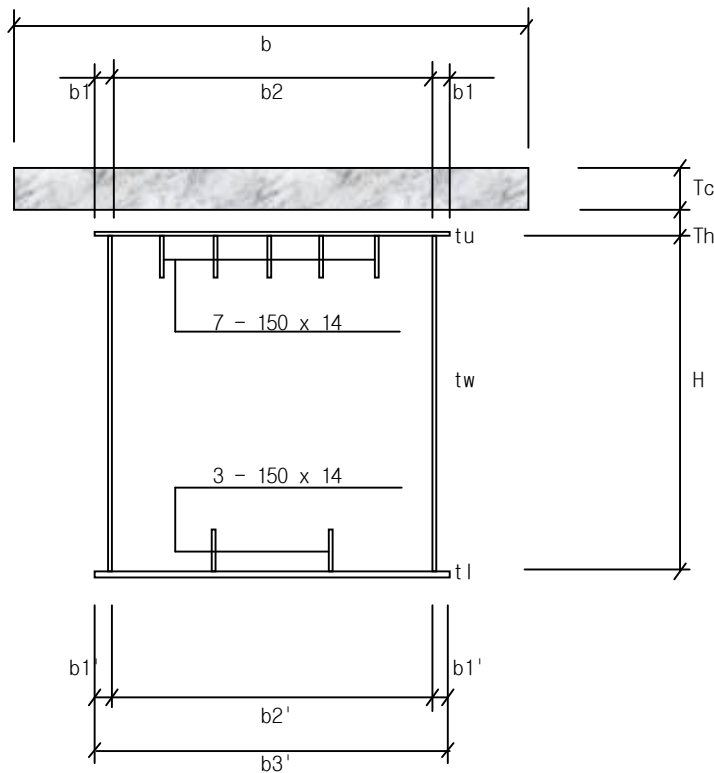
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 204600 + 1493750 / 8 = 391319 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 100.258 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1274.74 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1274.742 \times 204600 / 391319 = 666.50 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1274.742 - 666.496 = 608.25 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 235242271974 + 7779947917 / 8 + 204600 \times 608.246^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 666.496^2 = 394852847074 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 175077324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 730575330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 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 < 10 >



b	=	5975.000	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 14.0	39200	1207.00	47314400	57108480800	640267
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		162600		2646000	149061633000	27688971000

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

$$= 149061633000 + 27688971000 = 176750604000 \text{ mm}^4$$

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

$$= 2646000 / 162600 = 16.27 \text{ mm}$$

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

$$= 176750604000 - 162600 \times 16.273^2 = 176707545476 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 14 / 12) + (2800^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 153125324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 14.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2415.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2612/14 + 2612/16) \\
&= 211561761605 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

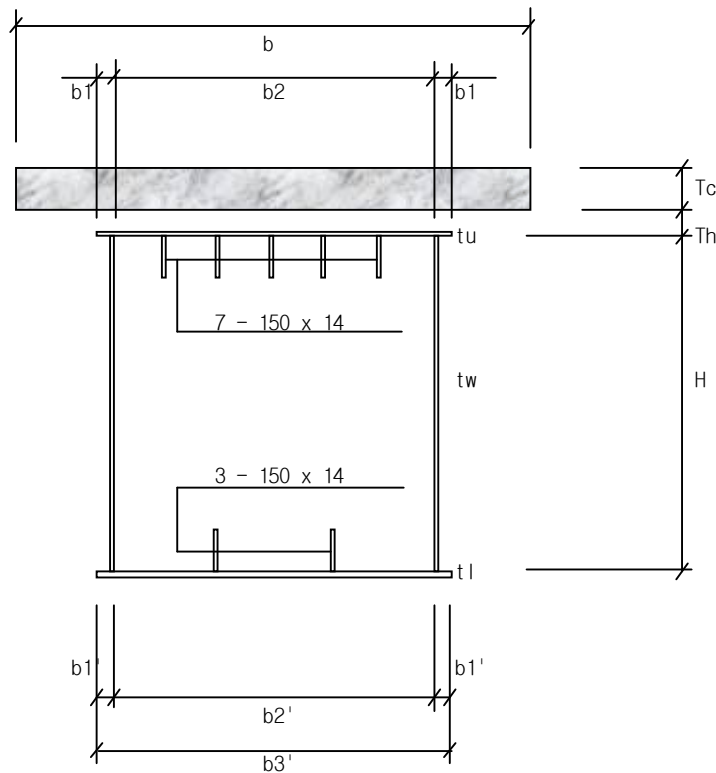
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 162600 + 1493750 / 8 = 349319 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 16.273 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1358.73 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1358.727 \times 162600 / 349319 = 632.46 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1358.727 - 632.457 = 726.27 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 176707545476 + 7779947917 / 8 + 162600 \times 726.270^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 632.457^2 = 338134186016 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 153125324800 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 708623330985 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2612/45.25 + 2612/16) \\
&= 255283313786 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 11 >



b	=	5975.000	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

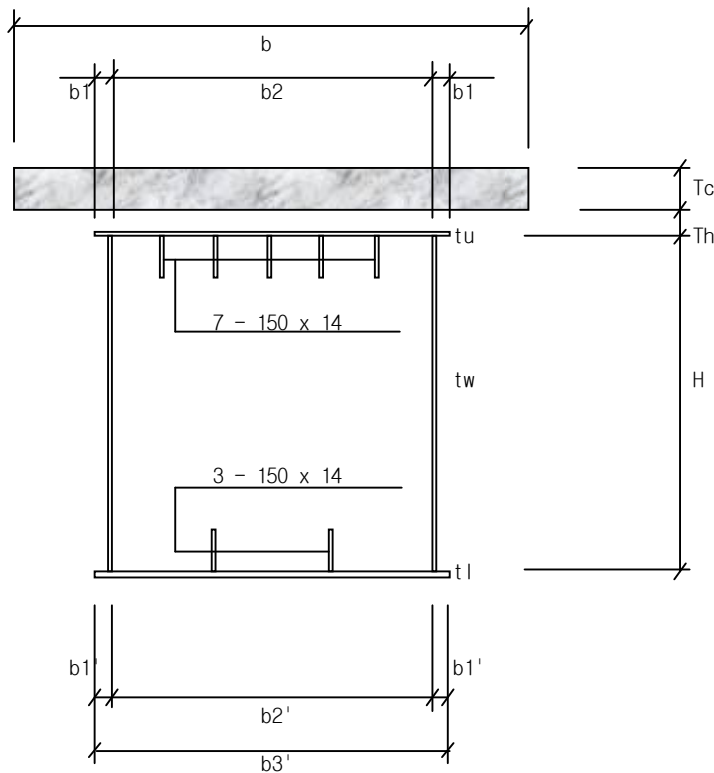
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 157000 + 1493750 / 8 = 343719 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 26.413 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1401.41 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1401.413 \times 157000 / 343719 = 640.12 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1401.413 - 640.122 = 761.29 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 168401407388 + 7779947917 / 8 + 157000 \times 761.291^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 640.122^2 = 336874545140 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 149466658133 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 704964664318 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 12 >



b	=	5975.000	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	=	2325.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	구 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	1168.50	39261600	45877179600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1087.50	15986250	17385046875	27562500
W E B	2 - 2325.0 X 12.0	55800				25136156250
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1087.50	-6851250	7450734375	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	-1168.50	-39261600	45877179600	403200
TOTAL		144000		9135000	116590140450	25176337650

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

$$= 116590140450 + 25176337650 = 141766478100 \text{ mm}^4$$

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

$$= 9135000 / 144000 = 63.44 \text{ mm}$$

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

$$= 141766478100 - 144000 \times 63.438^2 = 141186976538 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 12 / 12) + (2800^3 \times 12 / 12) + ((2325 \times 12^3 / 12) + (2325 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 139079158400 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2325.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2337.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2337^2) / (2 \times 2337/12 + 2612/12 + 2612/12) \\
&= 180699752572 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

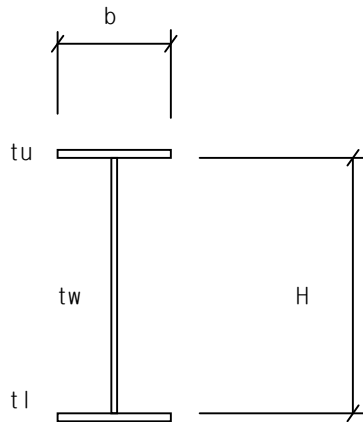
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5975.000 \times 250.000 = 1493750 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 144000 + 1493750 / 8 = 330719 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5975.000 \times 250.000^3 / 12 = 7779947917 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2325.000 / 2 - 63.438 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1274.06 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1274.063 \times 144000 / 330719 = 554.75 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1274.063 - 554.746 = 719.32 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 141186976538 + 7779947917 / 8 + 144000 \times 719.316^2 \\
&\quad + 1493750 / 8 \times 554.746^2 = 274128818271 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 139079158400 + 5975.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 694577164585 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2337^2) / (2 \times 2337/12 + 2612/43.25 + 2612/12) \\
&= 223271675166 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 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

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

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

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

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

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

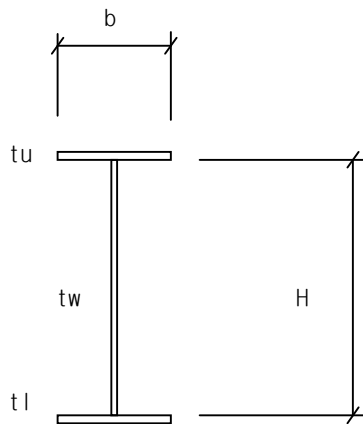
모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

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

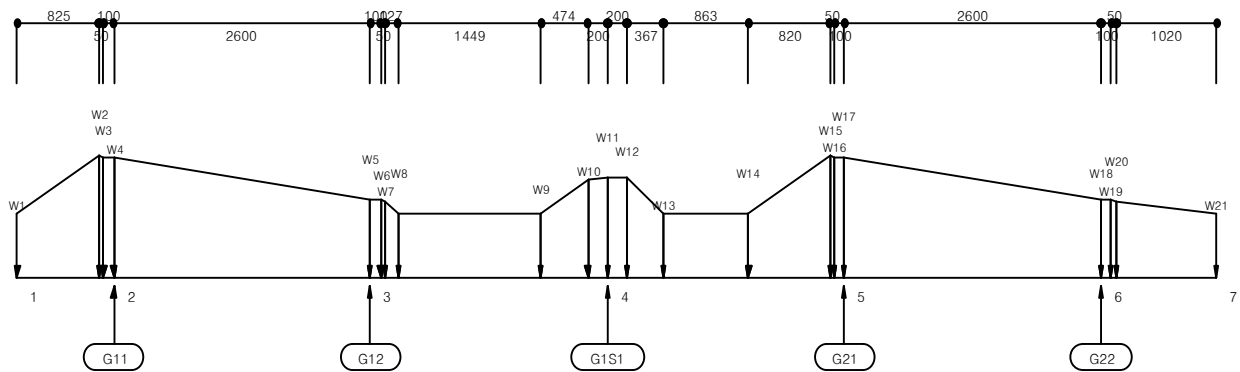
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

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

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

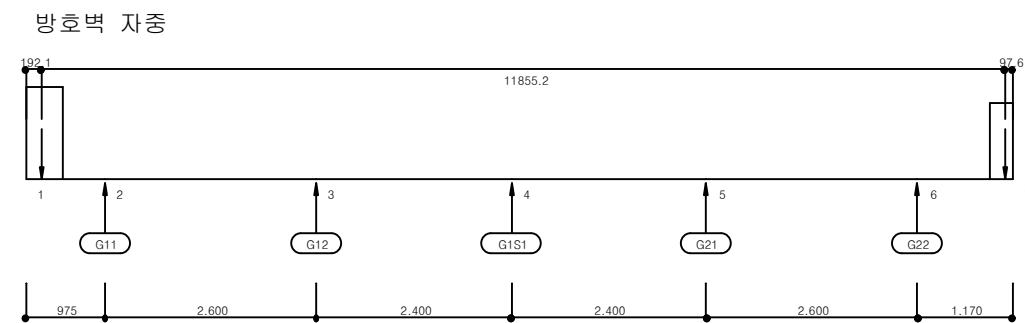
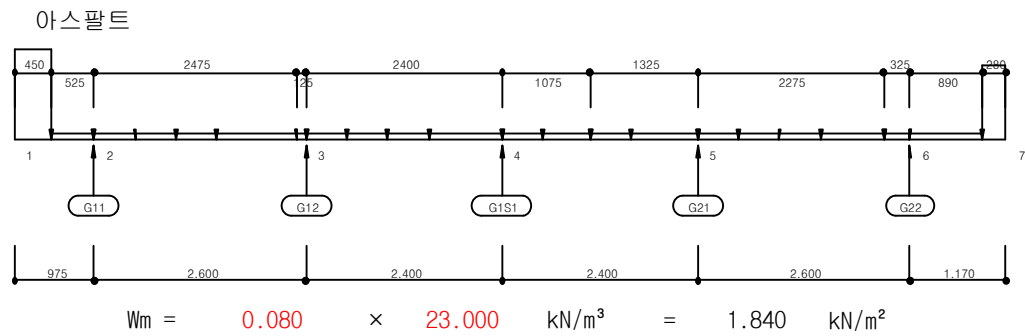
$$W18 = 0.309 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.725 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

2) 합성후 고정하중



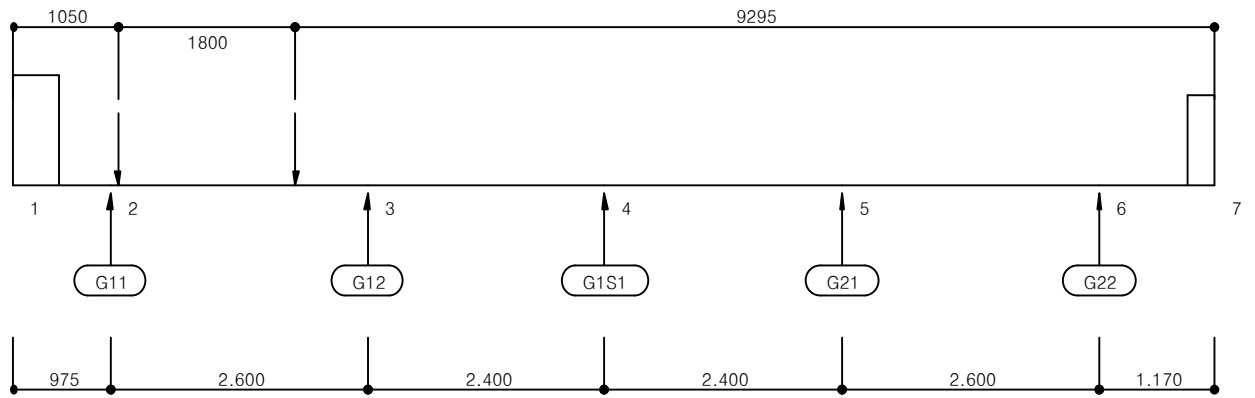
3) 활하중

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

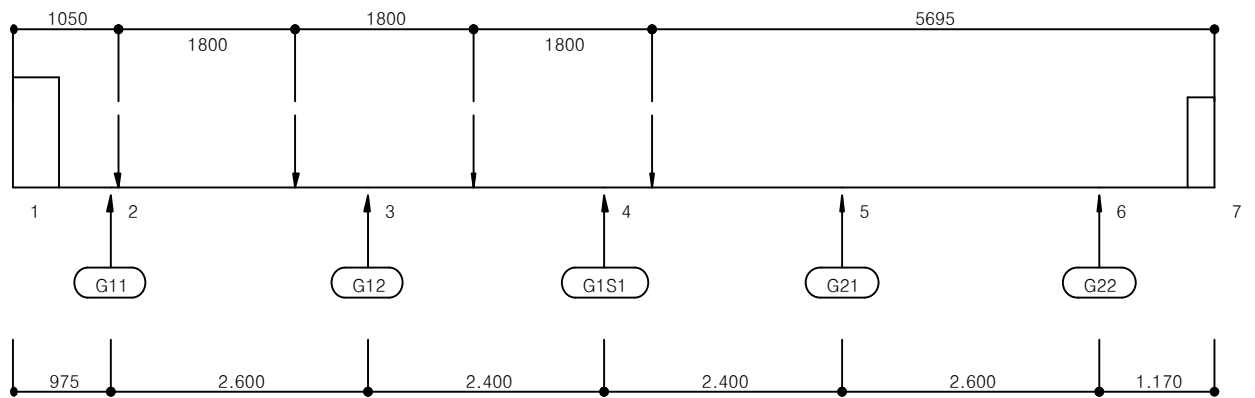
$$\therefore \text{설계 차로수 } N = 3 \quad (\text{도.설 2.1.3})$$

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

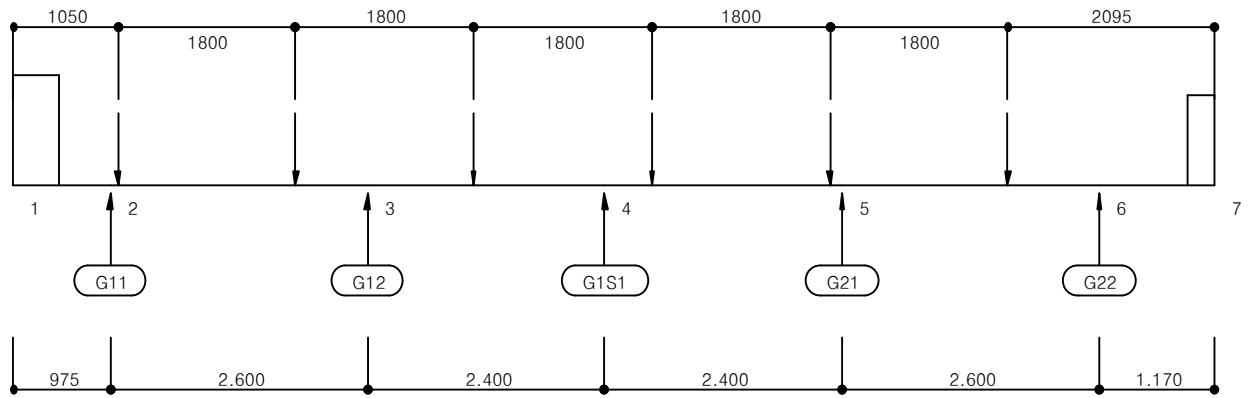
<G1 Max DB 1선>



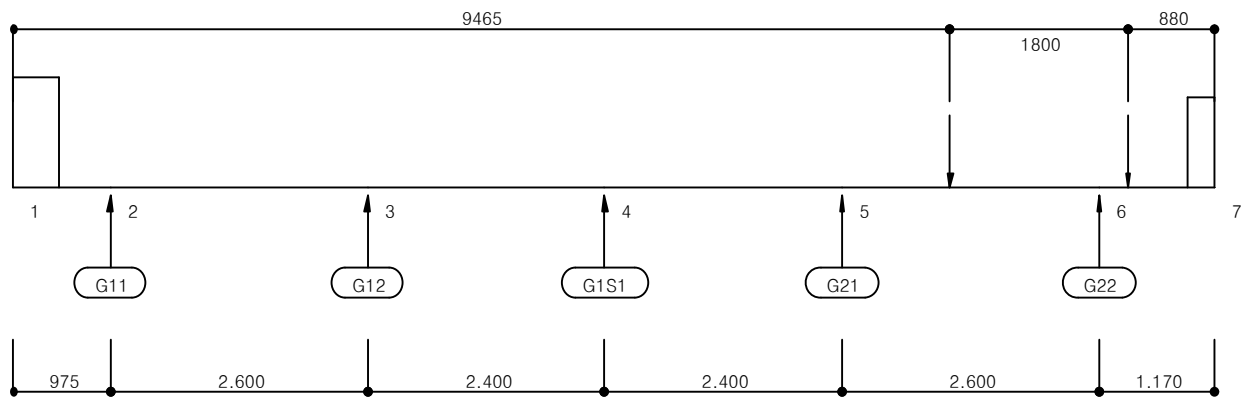
<G1 Max DB 2선>



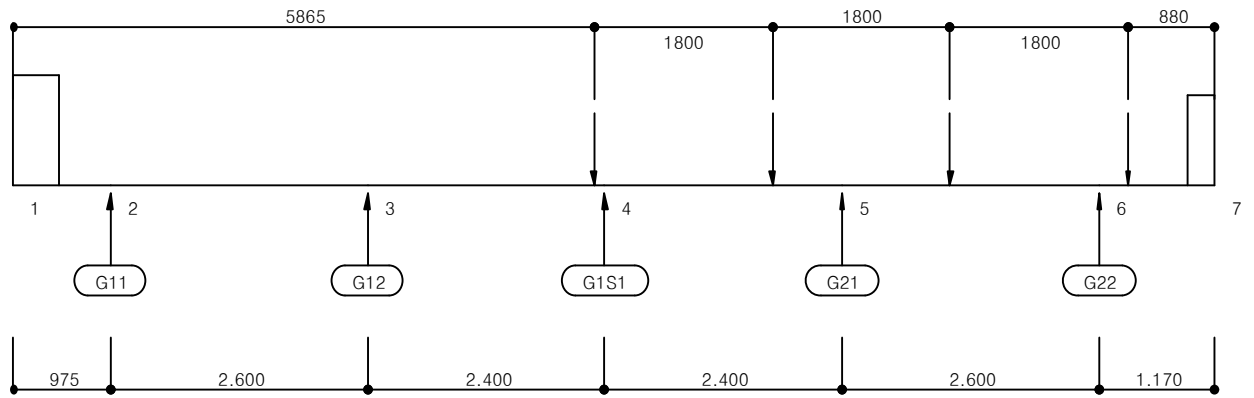
<G1 Max DB 3선>



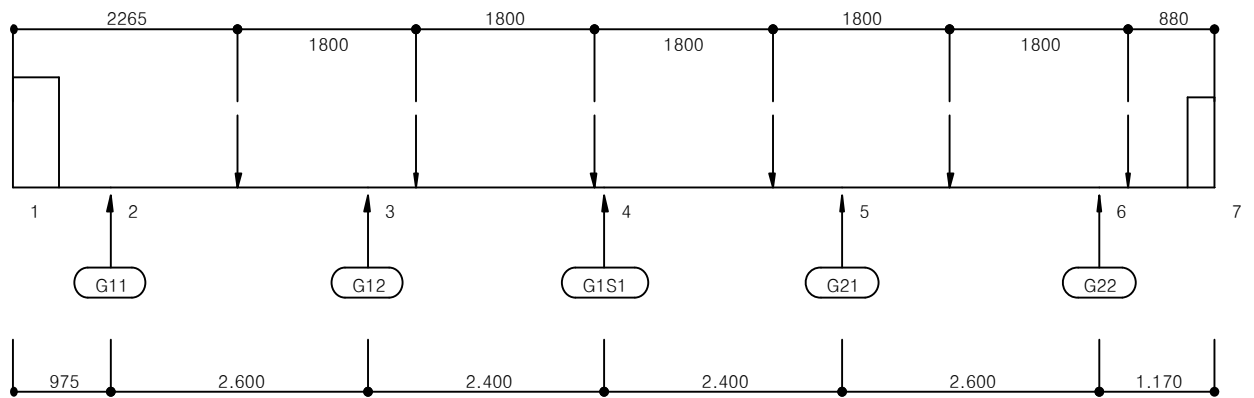
<G2 Max DB 1선>



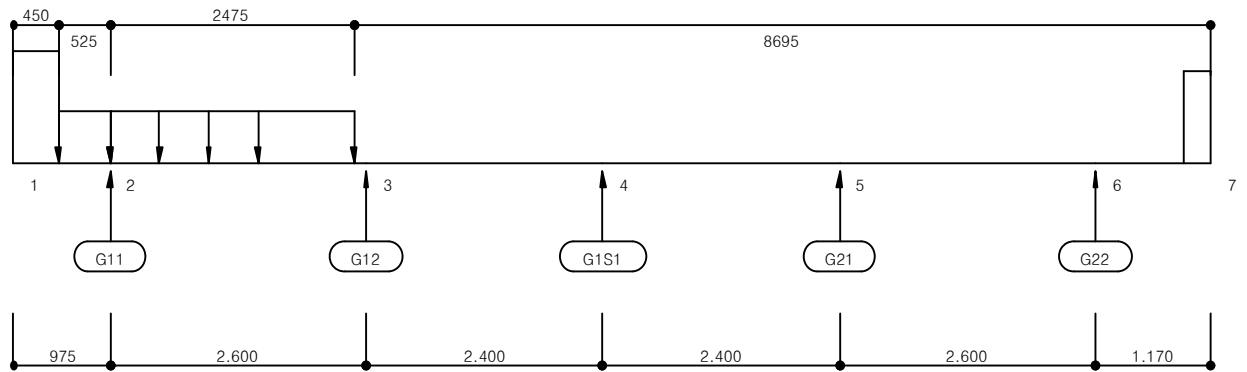
<G2 Max DB 2선>



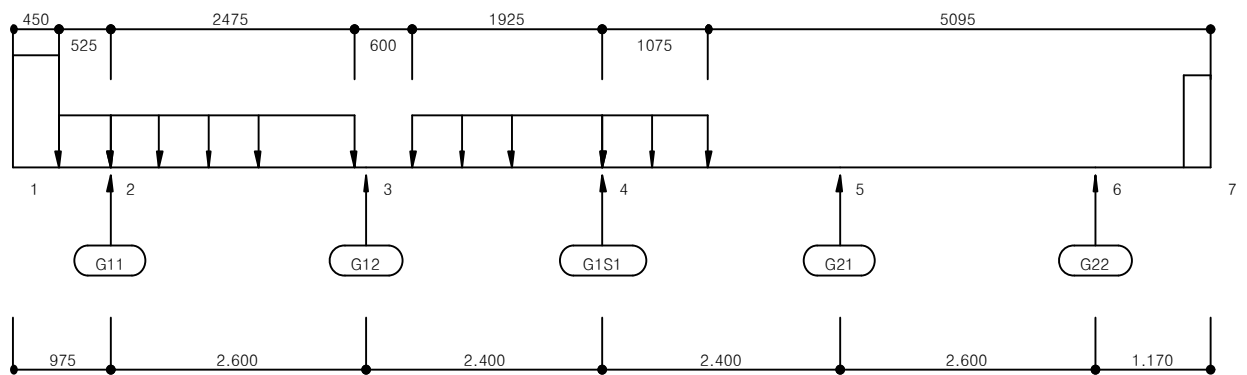
<G2 Max DB 3선>



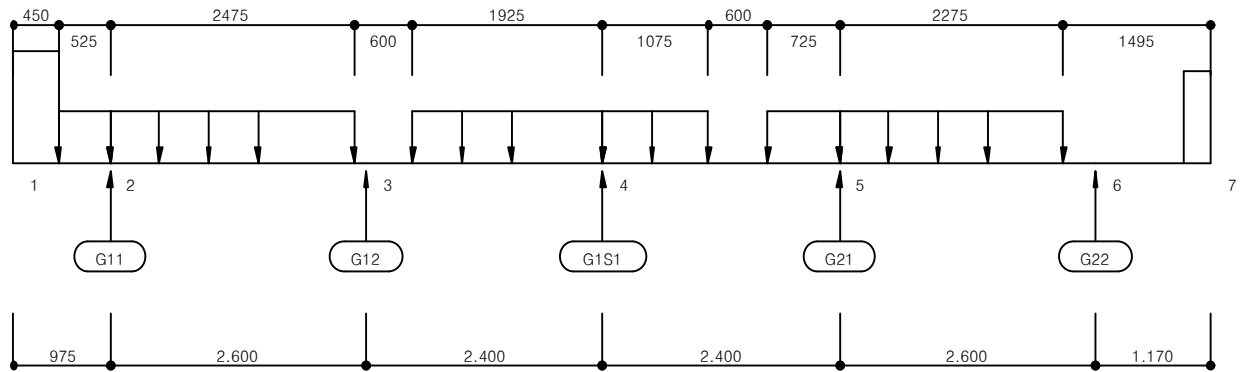
<G1 Max DL 1선>



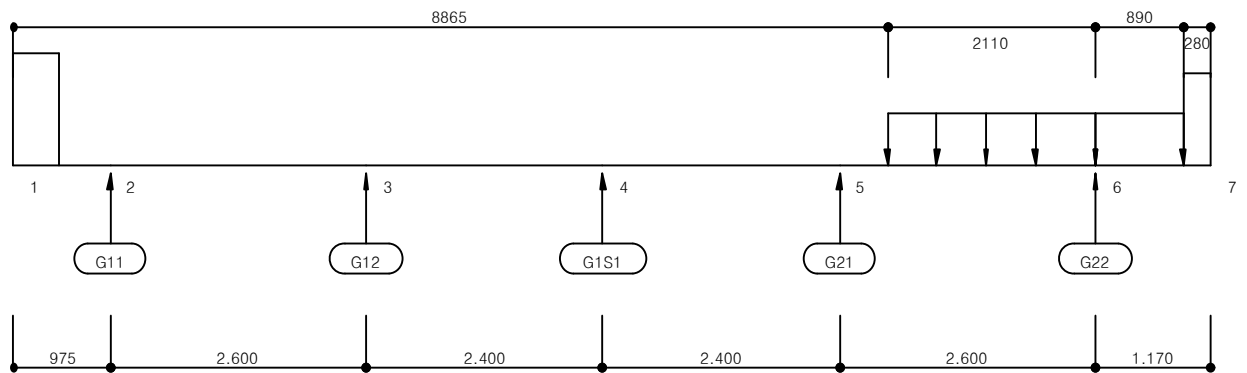
<G1 Max DL 2선>



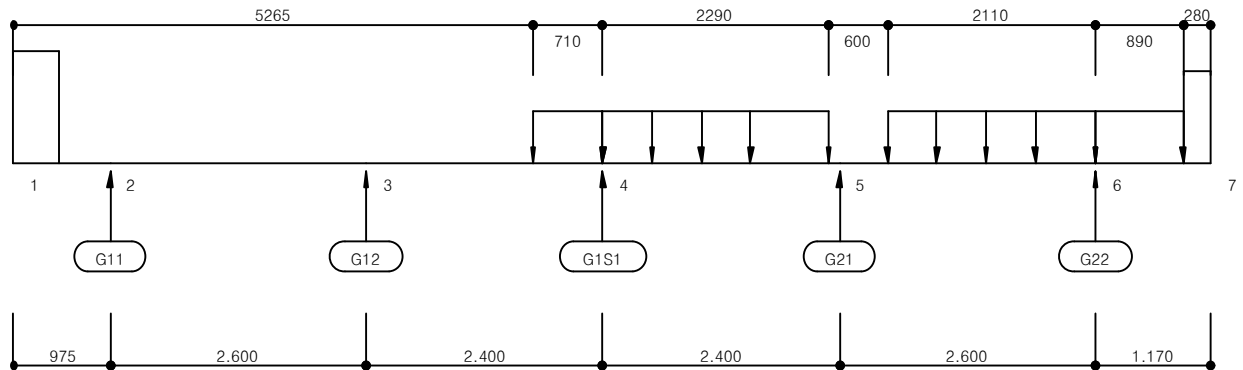
<G1 Max DL 3선>



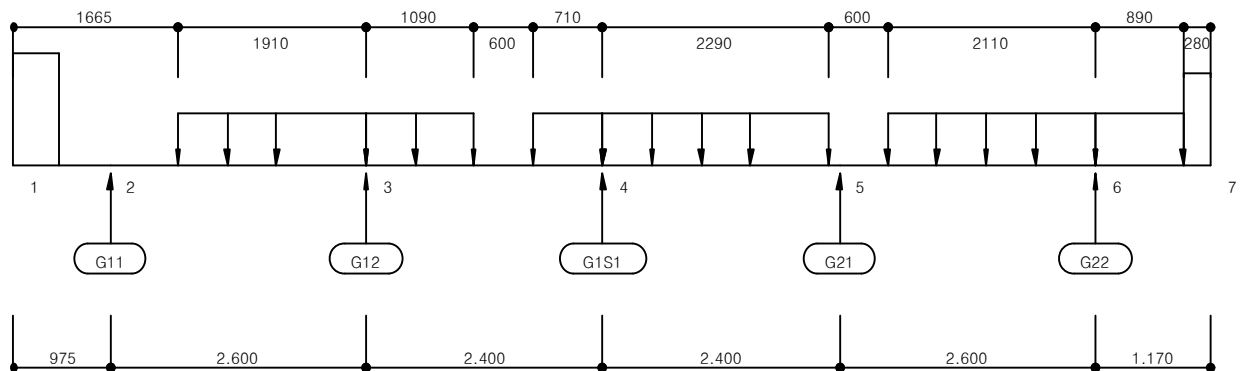
<G2 Max DL 1선>



<G2 Max DL 2선>



<G2 Max DL 3선>



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

전륜 하중 $P_f = 24.000 \text{ kN}$

후륜 하중 $P_r = 96.000 \text{ kN}$

◁ 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) 충격계수

(도.설 2.1.4)

$$\text{지간장 (L)} = 44.500 + 52.000 + 52.000 + 52.000 + 51.500 \text{ m}$$

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

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

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 44.5} = 0.178 < 0.3 \Rightarrow 0.178$$

◁ 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

$$i = \frac{15}{40 + 51.5} = 0.164 < 0.3 \Rightarrow 0.164$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (44.500 + 52.000) / 2} = 0.170 < 0.3 \Rightarrow 0.170$$

◁ 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

$$i = \frac{15}{40 + (52.000 + 51.500) / 2} = 0.163 < 0.3 \Rightarrow 0.163$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.178 를 적용함.

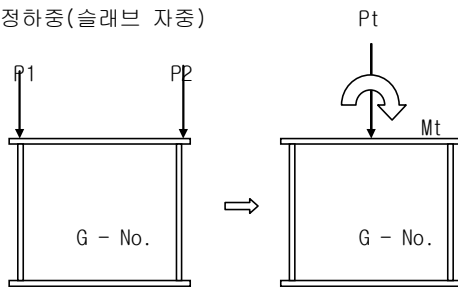
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 38.766 % 할증적용

$$\text{총강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 11561.084 \text{ kN} / 8331.343 \text{ kN} = 1.38766$$

- 단 면 - 1 : 0.141 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 15.359 kN/m
- 단 면 - 2 : 0.146 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 15.882 kN/m
- 단 면 - 3 : 0.163 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 17.712 kN/m
- 단 면 - 4 : 0.171 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 18.627 kN/m
- 단 면 - 5 : 0.188 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 20.457 kN/m
- 단 면 - 6 : 0.213 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 23.202 kN/m
- 단 면 - 7 : 0.267 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 29.128 kN/m
- 단 면 - 8 : 0.235 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 25.642 kN/m
- 단 면 - 9 : 0.205 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 22.287 kN/m
- 단 면 - 10 : 0.163 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 17.712 kN/m
- 단 면 - 11 : 0.157 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 17.102 kN/m
- 단 면 - 12 : 0.144 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 15.686 kN/m
- 가로보 - 1 : 0.021 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 2.288 kN/m
- 세로보 - 1 : 0.014 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 1.525 kN/m

2) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



합성전		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
거더폭		2.600	2.600		m
슬래브 자중	P1	22.352	24.980	15.981	kN/m
	P2	20.884	19.699		
	Pt	43.236	44.679	15.981	
	Mt	-1.908	-6.865		kN · m/m

3) 합성후 고정하중

합성후		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
Pavement 및 방호벽, 중분대	P1	14.614	1.977	6.062	kN/m
	P2	0.782	9.728		
	Pt	15.396	11.705	6.062	
	Mt	-17.982	10.076		kN · m/m

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

거더당 작용하는 부속설비 하중 $W(kN/m) = 0.5 \text{ kN/m}^2 \times \text{슬래브 전폭(m)} / \text{총거더수}$

$$W = 0.50 \times 12.145 / 2 = 3.036 \text{ kN/m}$$

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

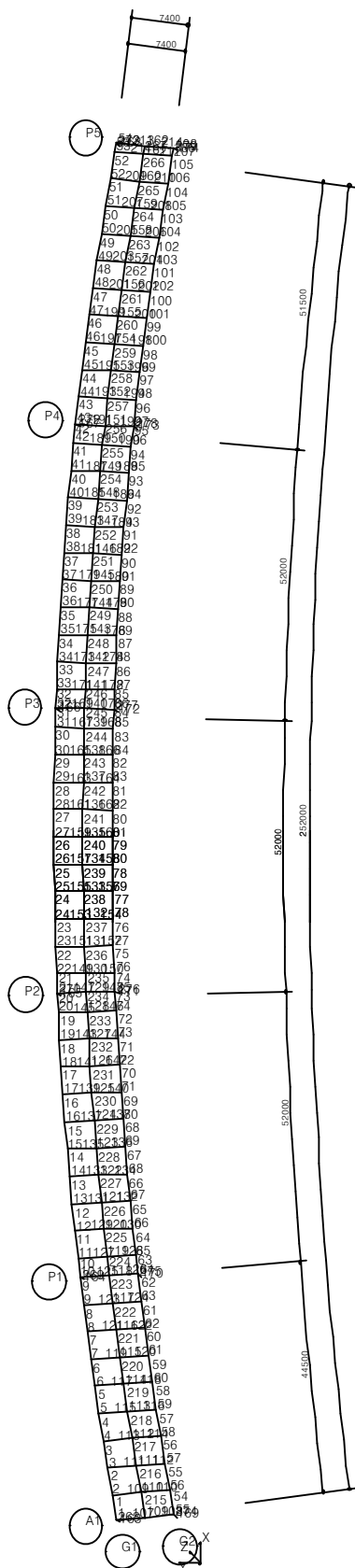
< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

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

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	327718.8	244432711953	689460220585	206469541919	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
단면 - 2	합성전	145800.0	151391905600	142149324800	189610578443	
	합성후	332518.8	292902695508	697647330985	233460754432	
	절점번호	2, 52, 56, 106				
단면 - 3	합성전	162600.0	176066011129	153125324800	207979966678	
	합성후	349318.8	357867564349	708623330985	261778542559	
	절점번호	3, 4, 5, 6, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 59, 60, 101, 102, 103, 104, 105				
단면 - 4	합성전	171000.0	185015487789	153125324800	207979966678	
	합성후	357718.8	385311112115	708623330985	261778542559	
	절점번호	7, 46, 61, 100				
단면 - 5	합성전	187800.0	212252666400	164101324800	230168799944	
	합성후	374518.8	390242312371	719599330985	265422968834	
	절점번호	8, 13, 18, 24, 29, 35, 40, 45, 62, 67, 72, 78, 83, 89, 94, 99				
단면 - 6	합성전	213000.0	251278764237	186053324800	257937202965	
	합성후	399718.8	452699351405	741551330985	286285099091	
	절점번호	9, 44, 63, 98				
단면 - 7	합성전	267400.0	323529980965	231872763733	316478618350	
	합성후	454118.8	543191878454	787370769918	343629342191	
	절점번호	10, 21, 32, 43, 64, 75, 86, 97				
단면 - 8	합성전	235400.0	284091843675	200687991467	270330785822	
	합성후	422118.8	460575247822	756185997652	289981327445	
	절점번호	11, 20, 22, 31, 33, 42, 65, 74, 76, 85, 87, 96				
단면 - 9	합성전	204600.0	235242271974	175077324800	243297056991	
	합성후	391318.8	394852847074	730575330985	268430530930	
	절점번호	12, 19, 23, 30, 34, 41, 66, 73, 77, 84, 88, 95				
단면 - 10	합성전	162600.0	176707545476	153125324800	211561761605	
	합성후	349318.8	338134186016	708623330985	255283313786	
	절점번호	14, 15, 16, 17, 68, 69, 70, 71				
단면 - 11	합성전	157000.0	168401407388	149466658133	203039466916	
	합성후	343718.8	336874545140	704964664318	254052170729	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 36, 37, 38, 39, 79, 80, 81, 82, 90, 91, 92, 93				
단면 - 12	합성전	144000.0	141186976538	139079158400	180699752572	
	합성후	330718.8	274128818271	694577164585	223271675166	
	절점번호	53, 107				

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)

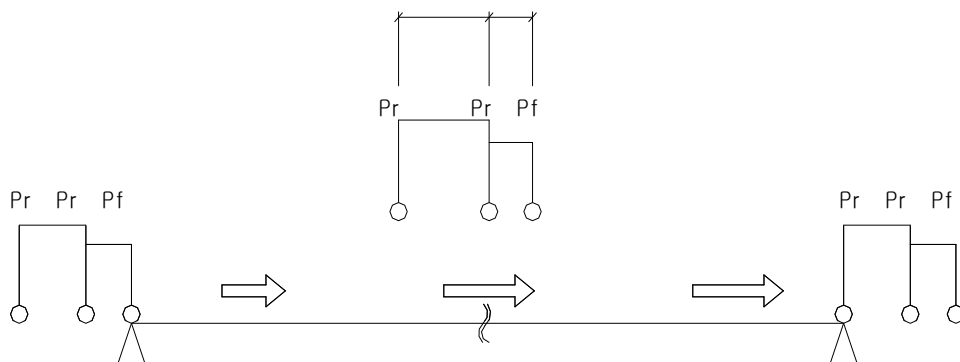
3) CASE 3 : 활하중

- 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 : 지정침하

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

- 1 : A1 지정 침하
- 2 : P1 지정 침하
- 3 : P2 지정 침하
- 4 : P3 지정 침하
- 5 : P4 지정 침하
- 6 : P5 지정 침하
- 7 : A1, P2, P4 지정 침하
- 8 : P1, P3, P5 지정 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	-0.082	-0.251	0.295	1.094	-1.307	0.051	-0.051	1.106	-1.397	A1
	2	1274.630	3398.866	1404.328	2724.638	-457.292	167.788	-167.788	8970.250	5452.744	
2	2	1274.598	3398.721	1404.857	2724.581	-457.341	167.731	-167.731	8970.488	5453.104	
	3	2230.008	5866.745	2387.882	4568.453	-948.758	353.495	-353.495	15406.583	9182.382	
3	3	2230.012	5866.730	2388.407	4568.696	-948.944	353.440	-353.440	15407.285	9182.766	
	4	2680.623	7012.033	2839.353	5607.054	-1438.817	538.951	-538.951	18678.014	10554.241	
4	4	2680.616	7011.987	2839.632	5607.427	-1439.035	538.890	-538.890	18678.552	10554.310	
	5	2622.260	6844.669	2784.554	6010.906	-1929.626	724.194	-724.194	18986.583	9597.663	
5	5	2622.235	6844.565	2784.525	6011.016	-1929.841	724.126	-724.126	18986.467	9597.358	
	6	2055.305	5366.544	2226.971	5726.870	-2424.630	908.809	-908.809	16284.499	6315.381	
6	6	2055.258	5366.359	2226.643	5726.716	-2424.871	908.732	-908.732	16283.708	6314.657	
	7	975.235	2574.438	1153.819	4782.188	-2930.957	1091.586	-1091.586	10577.266	680.949	
7	7	975.184	2574.236	1153.323	4781.921	-2931.234	1091.510	-1091.510	10576.174	679.999	
	8	-642.137	-1538.091	-462.310	3200.760	-3471.462	1269.780	-1269.780	1828.001	-7383.781	
8	8	-642.209	-1538.349	-462.907	3200.854	-3472.119	1269.706	-1269.706	1827.096	-7385.289	
	9	-2843.860	-6977.698	-2660.900	1771.215	-5032.363	1439.893	-1439.893	-9271.350	-18954.714	
9	9	-2843.919	-6977.875	-2661.314	1771.188	-5032.964	1439.839	-1439.839	-9272.081	-18955.911	
	10	-5711.986	-13766.612	-5494.094	1308.010	-8340.288	1597.076	-1597.076	-22067.606	-34910.056	P1
10	10	-5712.004	-13766.656	-5494.274	1307.951	-8340.267	1597.052	-1597.052	-22067.931	-34910.253	P1
	11	-3699.795	-9209.808	-3554.098	1256.203	-5762.283	1383.321	-1383.321	-13824.177	-23609.305	
11	11	-3699.781	-9209.754	-3553.798	1256.244	-5761.926	1383.333	-1383.333	-13823.756	-23608.592	
	12	-1432.809	-3838.092	-1339.053	2318.038	-3336.291	1064.020	-1064.020	-3227.896	-11010.265	
12	12	-1432.777	-3837.979	-1338.566	2318.040	-3335.429	1064.054	-1064.054	-3227.228	-11008.805	
	13	198.994	193.451	275.865	3751.539	-2550.004	771.993	-735.190	5191.843	-2616.884	
13	13	199.025	193.583	276.346	3751.540	-2549.613	772.050	-735.238	5192.545	-2615.897	
	14	1253.525	2901.546	1336.897	4788.231	-2612.902	557.343	-400.851	10837.542	2478.215	
14	14	1253.549	2901.652	1337.268	4788.475	-2612.818	557.406	-400.907	10838.350	2478.744	
	15	1786.803	4293.305	1873.285	5566.237	-2711.425	340.495	-268.569	13860.125	4973.399	
15	15	1786.811	4293.346	1873.412	5566.317	-2711.379	340.556	-268.570	13860.442	4973.620	
	16	1810.301	4370.625	1898.487	5692.605	-2815.278	357.688	-377.377	14129.706	4886.758	
16	16	1810.299	4370.611	1898.348	5692.487	-2815.264	357.627	-377.377	14129.372	4886.617	
	17	1324.030	3133.510	1412.540	5166.673	-2924.027	609.868	-609.868	11646.621	2336.185	
17	17	1324.016	3133.445	1412.170	5166.372	-2924.044	609.807	-609.807	11645.810	2335.780	
	18	316.724	580.608	402.377	3995.322	-3069.974	944.522	-944.522	6239.553	-2714.788	
18	18	316.699	580.510	401.863	3994.997	-3070.044	944.465	-944.465	6238.532	-2715.438	
	19	-1267.167	-3294.494	-1160.301	2672.618	-3877.832	1274.023	-1274.023	-1775.321	-10873.817	
19	19	-1267.199	-3294.584	-1160.825	2672.986	-3878.901	1273.973	-1273.973	-1775.649	-10875.482	
	20	-3484.951	-8504.735	-3318.844	1982.350	-6249.308	1595.029	-1595.029	-11731.151	-23152.867	
20	20	-3484.962	-8504.754	-3319.193	1982.286	-6249.602	1594.998	-1594.998	-11731.625	-23153.509	
	21	-5462.927	-12953.992	-5217.848	2028.707	-8804.219	1811.113	-1811.113	-19794.947	-34250.099	P2
21	21	-5464.780	-12958.769	-5219.121	2031.009	-8807.481	1808.061	-1808.061	-19803.600	-34258.212	P2
	22	-3458.931	-8382.105	-3277.295	1947.183	-6177.029	1581.925	-1581.925	-11589.223	-22877.285	
22	22	-3458.914	-8382.074	-3276.946	1947.235	-6176.711	1581.948	-1581.948	-11588.751	-22876.593	
	23	-1201.116	-2989.398	-1056.912	2593.170	-3686.462	1246.124	-1246.124	-1408.132	-10180.012	
23	23	-1201.081	-2989.292	-1056.388	2592.821	-3685.601	1246.166	-1246.166	-1407.774	-10178.528	
	24	422.423	1067.294	567.481	3936.230	-2816.194	901.419	-901.419	6894.847	-1660.416	

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	422.453	1067.414	568.005	3936.619	-2816.157	901.473	-901.473	6895.965	-1659.757	
	25	1471.666	3801.051	1639.537	5282.563	-2812.717	587.878	-551.243	12782.695	3548.294	
25	25	1471.688	3801.141	1639.920	5282.890	-2812.691	587.941	-551.301	12783.580	3548.757	
	26	2012.862	5219.548	2187.329	5983.833	-2820.805	364.717	-374.362	15768.289	6224.572	
26	26	2012.868	5219.576	2187.469	5983.960	-2820.810	364.778	-374.362	15768.651	6224.741	
	27	2059.790	5323.677	2223.922	6033.213	-2833.847	353.469	-350.507	15994.071	6423.035	
27	27	2059.785	5323.652	2223.793	6033.138	-2833.886	353.408	-350.507	15993.776	6422.837	
	28	1612.470	4113.495	1749.328	5430.601	-2852.037	574.695	-506.630	13480.589	4116.626	
28	28	1612.448	4113.405	1748.957	5430.320	-2852.107	574.632	-506.573	13479.762	4116.130	
	29	657.386	1588.712	750.592	4182.961	-2882.072	856.929	-856.929	8036.579	-742.312	
29	29	657.358	1588.604	750.096	4182.683	-2882.150	856.878	-856.878	8035.619	-742.970	
	30	-872.220	-2259.584	-800.714	2880.750	-3715.863	1201.985	-1201.985	150.217	-8850.366	
30	30	-872.264	-2259.712	-801.256	2881.101	-3716.737	1201.944	-1201.944	149.812	-8851.914	
	31	-3036.032	-7443.636	-2947.861	2278.308	-6156.639	1538.328	-1538.328	-9610.893	-21122.496	
31	31	-3036.054	-7443.682	-2948.228	2278.233	-6156.942	1538.304	-1538.304	-9611.427	-21123.210	
	32	-4976.248	-11874.451	-4838.406	2407.163	-8756.889	1764.966	-1764.966	-17516.976	-32210.960	P3
32	32	-4976.254	-11874.465	-4838.411	2407.125	-8756.875	1764.970	-1764.970	-17517.035	-32210.975	P3
	33	-3125.323	-7694.763	-3034.403	2207.791	-6193.597	1566.332	-1566.332	-10080.366	-21614.418	
33	33	-3125.321	-7694.768	-3034.081	2207.833	-6193.304	1566.362	-1566.362	-10079.975	-21613.836	
	34	-1088.735	-2868.963	-1010.380	2744.342	-3795.315	1270.050	-1270.050	-953.686	-10033.443	
34	34	-1088.720	-2868.915	-1009.888	2743.947	-3794.434	1270.102	-1270.102	-953.474	-10032.059	
	35	313.160	619.835	417.553	3986.080	-3032.520	965.179	-965.179	6301.807	-2647.151	
35	35	313.169	619.895	418.036	3986.382	-3032.449	965.240	-965.240	6302.723	-2646.588	
	36	1140.943	2786.300	1293.449	5201.451	-3109.525	654.950	-654.950	11077.093	1456.217	
36	36	1140.943	2786.328	1293.776	5201.722	-3109.497	655.013	-655.013	11077.782	1456.537	
	37	1460.568	3637.107	1645.131	5774.312	-3204.684	379.803	-386.155	12896.921	3151.967	
37	37	1460.558	3637.088	1645.244	5774.406	-3204.691	379.865	-386.156	12897.161	3152.043	
	38	1286.037	3173.912	1485.566	5696.652	-3305.034	261.213	-274.036	11903.380	2366.445	
38	38	1286.021	3173.849	1485.421	5696.548	-3305.060	261.151	-274.034	11902.990	2366.197	
	39	617.360	1396.775	814.151	4965.803	-3411.032	454.462	-282.695	8248.551	-865.441	
39	39	617.333	1396.657	813.771	4965.493	-3411.083	454.399	-282.638	8247.653	-865.960	
	40	-560.298	-1698.290	-384.104	3915.742	-3546.961	645.709	-592.978	1918.759	-6782.631	
40	40	-560.327	-1698.423	-384.603	3915.695	-3547.373	645.651	-592.928	1917.993	-6783.654	
	41	-2312.116	-6115.917	-2139.623	2478.264	-4324.094	898.119	-898.119	-7191.273	-15789.869	
41	41	-2312.140	-6116.012	-2140.083	2478.252	-4325.085	898.084	-898.084	-7191.899	-15791.404	
	42	-4698.778	-11873.864	-4502.155	1190.596	-6785.010	1194.385	-1194.385	-18689.816	-29054.192	
42	42	-4698.788	-11873.905	-4502.387	1190.622	-6785.345	1194.368	-1194.368	-18690.090	-29054.793	
	43	-6795.135	-16702.910	-6553.493	1173.414	-9442.713	1392.762	-1392.762	-27485.362	-40887.013	P4
43	43	-6795.105	-16702.827	-6553.263	1173.514	-9442.646	1392.780	-1392.780	-27484.901	-40886.621	P4
	44	-3550.508	-8922.943	-3333.483	1605.133	-5708.611	1278.813	-1278.813	-12922.988	-22794.358	
44	44	-3550.410	-8922.646	-3332.860	1605.376	-5708.027	1278.865	-1278.865	-12921.675	-22792.808	
	45	-970.196	-2488.293	-754.666	2882.707	-3490.202	1152.940	-1152.940	-177.508	-8856.297	
45	45	-970.112	-2487.990	-753.932	2882.544	-3489.045	1153.004	-1153.004	-176.486	-8854.083	
	46	1026.722	2621.018	1236.253	4813.246	-2879.339	1019.645	-1019.645	10716.884	985.009	
46	46	1026.818	2621.367	1237.013	4813.768	-2878.992	1019.720	-1019.720	10718.686	986.486	
	47	2485.771	6407.992	2679.365	6279.452	-2473.341	882.076	-882.076	18734.656	8217.711	
47	47	2485.835	6408.243	2679.893	6279.822	-2473.170	882.145	-882.145	18735.938	8218.656	
	48	3431.158	8879.231	3603.935	7120.153	-2078.937	742.821	-742.821	23777.298	13092.566	
48	48	3431.216	8879.456	3604.220	7120.348	-2078.759	742.886	-742.886	23778.126	13093.247	
	49	3867.280	10037.686	4026.297	7316.701	-1687.874	602.916	-602.916	25850.880	15640.473	

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	3867.310	10037.821	4026.239	7316.601	-1687.708	602.972	-602.972	25850.943	15640.690	
	50	3794.982	9886.163	3953.227	6848.514	-1298.539	462.926	-462.926	24945.812	15872.907	
50	50	3794.988	9886.229	3952.814	6848.192	-1298.386	462.974	-462.974	24945.197	15872.671	
	51	3214.632	8424.854	3381.885	5695.195	-910.110	323.041	-323.041	21039.607	13788.220	
51	51	3214.619	8424.879	3381.154	5694.709	-909.968	323.085	-323.085	21038.446	13787.600	
	52	2130.888	5645.863	2293.190	3803.993	-520.071	183.022	-183.022	14056.956	9366.848	
52	52	2130.872	5645.929	2292.272	3803.501	-519.949	183.062	-183.062	14055.636	9366.061	
	53	571.081	1527.600	640.713	1076.631	-126.434	42.572	-42.572	3858.597	2570.387	
53	53	571.249	1528.125	640.147	1077.139	-126.581	42.634	-42.634	3859.294	2570.307	
	54	-0.270	-0.725	-0.066	0.269	-0.594	0.064	-0.064	-0.728	-1.718	P5

< 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	
54	55	-0.095	-0.076	0.088	1.137	-1.359	0.077	-0.077	1.132	-1.517	A1
	56	1245.925	3297.047	1166.071	2804.475	-439.949	165.044	-165.044	8678.562	5104.050	
55	56	1245.914	3297.269	1166.500	2804.273	-440.164	164.988	-164.988	8678.944	5104.531	
	57	2197.830	5748.694	2082.269	4666.194	-929.771	349.496	-349.496	15044.483	8749.526	
56	57	2197.843	5748.902	2082.687	4665.795	-929.928	349.440	-349.440	15044.667	8750.064	
	58	2652.357	6903.850	2539.465	5663.507	-1422.490	534.099	-534.099	18293.278	10139.083	
57	58	2652.363	6903.985	2539.683	5663.078	-1422.492	534.037	-534.037	18293.146	10139.502	
	59	2599.379	6751.282	2510.468	6068.775	-1935.957	718.821	-718.821	18648.725	9206.351	
58	59	2599.367	6751.293	2510.418	6068.625	-1935.738	718.753	-718.753	18648.456	9206.587	
	60	2038.882	5291.053	1992.458	5785.178	-2493.726	904.197	-904.197	16011.768	5924.470	
59	60	2038.856	5290.969	1992.146	5785.298	-2493.448	904.122	-904.122	16011.391	5924.401	
	61	967.878	2526.791	998.045	4837.207	-3061.017	1091.709	-1091.709	10421.629	339.987	
60	61	967.840	2526.633	997.549	4837.501	-3060.694	1091.633	-1091.633	10421.156	339.695	
	62	-637.483	-1540.640	-446.378	3235.734	-3638.479	1283.577	-1283.577	1894.810	-7546.557	
61	62	-637.529	-1540.852	-446.905	3235.771	-3637.856	1283.506	-1283.506	1893.991	-7546.648	
	63	-2825.270	-6908.291	-2300.623	1785.411	-5270.437	1484.155	-1484.155	-8764.618	-18788.776	
62	63	-2825.319	-6908.515	-2301.021	1785.441	-5269.269	1484.103	-1484.103	-8765.311	-18788.227	
	64	-5676.637	-13580.323	-4521.233	1314.905	-8705.524	1697.847	-1697.847	-20765.441	-34181.564	P1
63	64	-5676.643	-13580.387	-4521.263	1314.924	-8705.064	1697.856	-1697.856	-20765.513	-34181.213	P1
	65	-3677.145	-9116.512	-3054.990	1262.441	-5981.599	1439.385	-1439.385	-13146.821	-23269.631	
64	65	-3677.147	-9116.414	-3054.799	1262.292	-5982.419	1439.397	-1439.397	-13146.671	-23270.176	
	66	-1425.783	-3826.986	-1245.309	2384.066	-3518.011	1084.519	-1084.519	-3029.493	-11100.608	
65	66	-1425.760	-3826.804	-1244.847	2383.911	-3519.216	1084.552	-1084.552	-3028.948	-11101.179	
	67	194.771	158.102	165.658	3847.691	-2642.978	776.459	-739.807	5142.682	-2864.253	
66	67	194.788	158.249	166.109	3847.473	-2643.166	776.516	-739.855	5143.135	-2863.876	
	68	1242.218	2842.065	1138.820	4857.491	-2658.930	556.183	-400.534	10636.777	2163.639	
67	68	1242.227	2842.147	1139.152	4857.182	-2659.062	556.243	-400.589	10636.951	2163.875	
	69	1771.970	4223.345	1644.894	5634.953	-2711.974	338.445	-266.776	13613.607	4661.459	
68	69	1771.976	4223.378	1645.020	5634.835	-2712.050	338.508	-266.777	13613.717	4661.547	
	70	1795.334	4300.426	1670.342	5759.664	-2814.882	355.768	-375.127	13881.534	4576.093	
69	70	1795.334	4300.388	1670.241	5759.809	-2814.807	355.708	-375.127	13881.480	4576.029	
	71	1312.349	3073.415	1215.146	5231.122	-2959.760	608.617	-608.617	11440.649	2032.533	
70	71	1312.338	3073.300	1214.801	5231.487	-2959.671	608.556	-608.556	11440.482	2032.212	
	72	311.398	543.260	292.127	4049.979	-3199.846	947.722	-947.722	6144.485	-3000.783	
71	72	311.379	543.088	291.670	4050.444	-3199.641	947.664	-947.664	6144.245	-3001.167	
	73	-1263.390	-3290.050	-1070.623	2702.038	-4067.511	1291.757	-1291.757	-1630.268	-10983.331	

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	
72	73	-1263.412	-3290.255	-1071.049	2701.871	-4066.412	1291.711	-1291.711	-1631.134	-10982.839	
	74	-3469.544	-8428.278	-2835.048	1985.431	-6476.755	1644.940	-1644.940	-11102.499	-22854.565	
73	74	-3469.558	-8428.459	-2835.285	1985.523	-6475.836	1644.912	-1644.912	-11102.867	-22854.050	
	75	-5439.636	-12799.336	-4278.387	2035.222	-9169.075	1901.189	-1901.189	-18580.948	-33587.623	P2
74	75	-5437.778	-12794.533	-4277.111	2033.502	-9166.039	1904.248	-1904.248	-18571.672	-33579.709	P2
	76	-3440.760	-8298.461	-2791.360	1948.472	-6396.122	1635.967	-1635.967	-10946.142	-22562.670	
75	76	-3440.746	-8298.274	-2791.124	1948.341	-6396.986	1635.991	-1635.991	-10945.812	-22563.121	
	77	-1195.639	-2980.471	-965.948	2621.568	-3866.528	1265.972	-1265.972	-1254.518	-10274.558	
76	77	-1195.609	-2980.237	-965.488	2621.728	-3867.699	1266.014	-1266.014	-1253.592	-10275.047	
	78	417.974	1032.128	457.708	3992.676	-2954.684	905.685	-905.685	6806.172	-1952.558	
77	78	417.997	1032.303	458.187	3992.226	-2955.096	905.737	-905.737	6806.450	-1952.346	
	79	1460.465	3741.650	1442.202	5346.804	-2847.862	586.753	-550.539	12577.874	3245.916	
78	79	1460.476	3741.756	1442.542	5346.462	-2847.951	586.814	-550.596	12578.050	3246.227	
	80	1997.872	5148.448	1959.055	6048.451	-2820.226	362.799	-372.194	15516.625	5912.955	
79	80	1997.876	5148.482	1959.192	6048.310	-2820.324	362.860	-372.194	15516.720	5913.032	
	81	2044.495	5251.908	1995.391	6097.067	-2833.231	351.605	-348.463	15740.466	6110.100	
80	81	2044.491	5251.872	1995.272	6097.185	-2833.176	351.544	-348.463	15740.364	6109.996	
	82	1600.325	4052.023	1551.137	5492.632	-2888.522	573.627	-506.008	13269.744	3808.955	
81	82	1600.314	4051.911	1550.813	5492.952	-2888.405	573.565	-505.952	13269.555	3808.681	
	83	651.358	1550.052	639.232	4236.018	-3022.377	860.948	-860.948	7937.608	-1042.683	
82	83	651.329	1549.854	638.736	4236.450	-3022.180	860.896	-860.896	7937.265	-1043.157	
	84	-868.962	-2255.615	-712.399	2907.759	-3901.991	1220.932	-1220.932	291.715	-8959.899	
83	84	-868.994	-2255.847	-712.843	2907.609	-3900.889	1220.892	-1220.892	290.817	-8959.465	
	85	-3020.694	-7366.555	-2466.163	2277.149	-6383.511	1590.368	-1590.368	-8985.895	-20827.291	
84	85	-3020.718	-7366.763	-2466.412	2277.264	-6382.769	1590.347	-1590.347	-8986.282	-20827.009	
	86	-4952.451	-11718.187	-3902.262	2409.332	-9119.175	1858.139	-1858.139	-16305.429	-31550.214	P3
85	86	-4952.427	-11718.127	-3902.241	2409.397	-9119.200	1858.114	-1858.114	-16305.284	-31550.109	P3
	87	-3110.580	-7619.457	-2553.063	2208.553	-6441.928	1618.440	-1618.440	-9456.107	-21343.468	
86	87	-3110.577	-7619.300	-2552.845	2208.442	-6442.812	1618.471	-1618.471	-9455.809	-21344.005	
	88	-1085.950	-2866.364	-922.221	2772.320	-3985.948	1288.918	-1288.918	-813.297	-10149.401	
87	88	-1085.941	-2866.188	-921.816	2772.475	-3987.044	1288.968	-1288.968	-812.502	-10149.957	
	89	307.364	581.845	306.562	4041.680	-3166.383	968.858	-968.858	6206.309	-2939.469	
88	89	307.371	581.990	307.019	4041.236	-3166.606	968.919	-968.919	6206.535	-2939.145	
	90	1130.101	2728.430	1096.146	5266.709	-3133.729	653.741	-653.741	10875.127	1167.207	
89	90	1130.096	2728.508	1096.438	5266.385	-3133.847	653.804	-653.804	10875.231	1167.391	
	91	1447.648	3571.834	1417.867	5841.587	-3203.535	377.841	-383.925	12656.777	2849.889	
90	91	1447.640	3571.852	1417.940	5841.480	-3203.602	377.902	-383.927	12656.814	2849.903	
	92	1274.235	3111.405	1259.124	5764.740	-3303.560	259.671	-272.398	11669.175	2068.806	
91	92	1274.223	3111.360	1258.975	5764.893	-3303.472	259.608	-272.396	11669.059	2068.690	
	93	609.979	1347.414	620.541	5033.491	-3461.856	453.769	-282.875	8065.194	-1166.797	
92	93	609.967	1347.317	620.201	5033.835	-3461.768	453.708	-282.819	8065.027	-1167.103	
	94	-560.176	-1721.728	-483.967	4010.484	-3690.286	650.259	-597.723	1894.872	-7053.880	
93	94	-560.189	-1721.855	-484.397	4010.674	-3690.135	650.204	-597.675	1894.438	-7054.251	
	95	-2300.905	-6091.739	-2022.349	2542.969	-4543.449	917.525	-917.525	-6954.499	-15875.967	
94	95	-2300.915	-6091.894	-2022.755	2543.162	-4542.152	917.493	-917.493	-6954.909	-15875.209	
	96	-4673.421	-11767.858	-3953.555	1196.325	-7063.534	1246.776	-1246.776	-17951.733	-28705.144	
95	96	-4673.413	-11767.926	-3953.677	1196.379	-7062.668	1246.764	-1246.764	-17951.873	-28704.448	
	97	-6758.113	-16502.432	-5498.020	1181.059	-9865.621	1486.585	-1486.585	-26090.921	-40110.771	P4
96	97	-6758.185	-16502.539	-5497.958	1180.930	-9865.318	1486.536	-1486.536	-26091.216	-40110.536	P4
	98	-3525.991	-8833.457	-2925.707	1623.259	-5880.217	1320.285	-1320.285	-12341.611	-22485.657	

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	-3525.918	-8833.151	-2925.143	1623.030	-5881.343	1320.335	-1320.335	-12340.847	-22485.890	
	99	-960.400	-2475.177	-713.052	2922.975	-3657.284	1166.148	-1166.148	-59.507	-8972.062	
98	99	-960.329	-2474.883	-712.313	2923.046	-3658.560	1166.214	-1166.214	-58.265	-8972.299	
	100	1022.093	2581.809	1096.251	4871.356	-3007.755	1019.946	-1019.946	10591.455	672.452	
99	100	1022.163	2582.086	1097.001	4870.816	-3008.073	1020.021	-1020.021	10592.087	673.156	
	101	2469.584	6334.382	2459.893	6337.673	-2546.578	877.871	-877.871	18479.403	7839.410	
100	101	2469.627	6334.531	2460.427	6337.303	-2546.825	877.939	-877.939	18479.827	7839.821	
	102	3407.296	8785.182	3350.345	7172.920	-2073.042	737.753	-737.753	23453.496	12732.028	
101	102	3407.333	8785.256	3350.643	7172.782	-2073.188	737.817	-737.817	23453.831	12732.227	
	103	3838.169	9930.133	3751.217	7364.626	-1680.489	598.274	-598.274	25482.419	15240.756	
102	103	3838.182	9930.076	3751.219	7364.791	-1680.554	598.330	-598.330	25482.598	15240.593	
	104	3761.282	9766.463	3655.600	6893.313	-1285.988	458.837	-458.837	24535.495	15438.520	
103	104	3761.273	9766.276	3655.297	6893.739	-1285.997	458.886	-458.886	24535.471	15437.963	
	105	3175.883	8292.068	3065.682	5737.193	-893.050	319.285	-319.285	20590.111	13321.299	
104	105	3175.834	8291.675	3065.057	5737.794	-892.933	319.327	-319.327	20589.687	13320.306	
	106	2090.582	5512.695	2000.581	3840.534	-503.973	179.711	-179.711	13624.103	8920.174	
105	106	2090.533	5512.203	1999.852	3841.193	-503.811	179.750	-179.750	13623.531	8919.027	
	107	547.309	1451.757	504.425	1114.317	-116.203	40.870	-40.870	3658.678	2346.419	
106	107	547.452	1451.811	504.125	1114.104	-116.120	40.931	-40.931	3658.422	2346.336	
	108	-0.346	-0.832	-0.167	0.430	-0.811	0.111	-0.111	-0.804	-2.267	P5

< 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	-315.777	-846.169	-350.819	107.208	-730.758	36.930	-36.930	-1368.627	-2280.454	A1
	2	-244.786	-649.672	-267.050	156.866	-609.901	36.930	-36.930	-967.711	-1808.339	
2	2	-230.868	-597.980	-241.235	151.390	-596.522	36.794	-36.794	-881.900	-1703.399	
	3	-146.064	-379.691	-148.176	229.529	-476.611	36.794	-36.794	-407.609	-1187.336	
3	3	-133.954	-335.967	-135.838	209.776	-484.948	36.736	-36.736	-359.247	-1127.444	
	4	-44.511	-117.632	-42.760	317.167	-378.093	36.736	-36.736	149.000	-619.732	
4	4	-33.155	-76.009	-35.622	269.104	-396.068	36.702	-36.702	161.020	-577.556	
	5	56.272	142.287	57.440	386.096	-295.155	36.702	-36.702	678.796	-75.858	
5	5	67.560	183.557	63.886	349.297	-335.622	36.575	-36.575	700.875	-57.194	
	6	156.995	401.871	156.956	447.903	-228.228	36.575	-36.575	1200.300	451.018	
6	6	168.388	443.722	165.914	449.865	-278.439	36.211	-36.211	1264.100	463.374	
	7	260.139	662.051	258.990	543.936	-174.592	36.211	-36.211	1761.327	970.378	
7	7	271.733	705.263	273.431	563.206	-216.694	35.305	-35.305	1848.937	998.427	
	8	370.408	923.578	366.501	662.589	-117.077	35.305	-35.305	2358.381	1508.105	
8	8	382.103	968.162	388.800	690.922	-145.668	33.707	-33.707	2463.694	1559.690	
	9	492.320	1186.461	481.864	797.357	-77.991	33.707	-33.707	2991.709	2048.946	
9	9	504.382	1235.182	514.426	844.838	-130.868	31.137	-31.137	3129.965	2091.986	
	10	636.511	1453.516	607.505	960.683	-94.264	31.137	-31.137	3689.352	2572.130	P1
10	10	-618.762	-1365.737	-581.533	176.427	-1001.099	60.474	-60.474	-2329.131	-3627.605	P1
	11	-521.976	-1212.929	-516.389	197.271	-918.205	60.474	-60.474	-1993.549	-3229.973	
11	11	-510.874	-1172.981	-485.151	144.086	-869.266	63.238	-63.238	-1961.682	-3101.510	
	12	-389.868	-954.665	-392.081	188.825	-759.410	63.238	-63.238	-1484.550	-2559.261	

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	
12	12	-377.881	-907.533	-366.254	167.449	-727.316	65.127	-65.127	-1419.092	-2444.111	
	13	-269.961	-689.210	-273.180	230.916	-625.852	65.127	-65.127	-936.309	-1923.330	
13	13	-258.191	-645.497	-256.588	207.409	-605.953	66.230	-66.230	-886.637	-1832.459	
	14	-161.836	-427.205	-163.527	279.161	-510.882	66.230	-66.230	-407.177	-1329.681	
14	14	-150.327	-384.772	-152.692	254.480	-499.679	66.681	-66.681	-366.629	-1254.151	
	15	-60.895	-166.463	-59.625	333.001	-409.790	66.681	-66.681	112.699	-763.454	
15	15	-49.373	-124.470	-51.505	318.708	-409.141	66.821	-66.821	160.182	-701.310	
	16	40.070	93.864	41.574	403.218	-324.514	66.821	-66.821	645.547	-215.828	
16	16	51.584	135.839	49.675	403.603	-337.670	66.694	-66.694	707.394	-167.267	
	17	141.019	354.157	142.746	493.386	-259.051	66.694	-66.694	1198.002	312.177	
17	17	152.468	396.434	153.455	504.376	-283.489	66.290	-66.290	1273.023	352.577	
	18	248.830	614.743	246.523	599.435	-211.614	66.290	-66.290	1775.821	832.192	
18	18	260.503	658.302	262.858	619.166	-235.041	65.270	-65.270	1866.099	881.352	
	19	368.414	876.607	355.924	720.619	-171.490	65.270	-65.270	2386.834	1364.185	
19	19	380.142	922.729	380.867	750.978	-191.391	63.586	-63.586	2498.302	1428.761	
	20	501.143	1141.035	473.934	860.774	-142.547	63.586	-63.586	3040.471	1909.978	
20	20	512.206	1182.302	504.565	908.519	-192.904	61.140	-61.140	3168.731	1945.028	
	21	609.004	1335.130	569.717	991.707	-171.787	61.140	-61.140	3566.698	2280.924	P2
21	21	-616.949	-1371.312	-581.986	181.795	-1013.534	63.982	-63.982	-2324.471	-3647.764	P2
	22	-520.161	-1218.501	-516.841	202.382	-930.383	63.982	-63.982	-1989.139	-3249.868	
22	22	-509.057	-1177.141	-486.198	152.569	-882.466	66.508	-66.508	-1953.319	-3121.370	
	23	-388.050	-958.825	-393.128	200.959	-772.615	66.508	-66.508	-1472.536	-2579.125	
23	23	-376.280	-912.610	-368.160	180.428	-742.097	68.282	-68.282	-1408.340	-2467.429	
	24	-268.375	-694.317	-275.099	243.886	-640.652	68.282	-68.282	-925.623	-1946.725	
24	24	-256.612	-650.530	-258.743	220.323	-620.822	69.360	-69.360	-876.202	-1856.067	
	25	-161.785	-432.211	-165.671	292.070	-525.716	69.360	-69.360	-398.237	-1354.744	
25	25	-150.356	-390.071	-154.949	267.443	-514.621	69.795	-69.795	-358.138	-1279.792	
	26	-64.005	-171.765	-61.882	345.964	-424.755	69.795	-69.795	118.107	-792.201	
26	26	-52.474	-129.786	-53.759	331.807	-424.194	69.936	-69.936	165.724	-730.150	
	27	33.891	88.558	39.323	416.339	-339.583	69.936	-69.936	648.047	-247.748	
27	27	45.421	130.533	47.440	416.731	-353.264	69.808	-69.808	709.932	-199.677	
	28	131.769	348.832	140.504	506.533	-274.648	69.808	-69.808	1197.445	276.649	
28	28	143.156	390.876	151.199	517.527	-299.226	69.390	-69.390	1272.148	316.615	
	29	237.976	609.179	244.264	612.563	-227.368	69.390	-69.390	1773.372	794.661	
29	29	249.740	652.964	260.598	632.354	-250.980	68.347	-68.347	1864.003	843.975	
	30	357.655	871.276	353.667	733.774	-187.371	68.347	-68.347	2384.719	1326.879	
30	30	369.401	917.420	378.559	764.186	-207.736	66.615	-66.615	2496.180	1391.029	
	31	490.414	1135.748	471.635	874.063	-158.556	66.615	-66.615	3038.475	1872.626	
31	31	501.518	1177.073	502.165	921.737	-208.588	64.124	-64.124	3166.617	1908.044	
	32	598.317	1329.902	567.317	1005.045	-187.615	64.124	-64.124	3564.705	2243.798	P3
32	32	-573.159	-1259.095	-543.035	206.235	-995.308	56.207	-56.207	-2112.847	-3426.804	P3
	33	-476.379	-1106.297	-477.895	225.084	-912.135	56.207	-56.207	-1779.281	-3028.914	
33	33	-465.205	-1064.772	-447.272	177.229	-864.067	58.675	-58.675	-1741.345	-2899.991	
	34	-344.184	-846.429	-354.190	224.925	-754.291	58.675	-58.675	-1261.202	-2357.769	
34	34	-332.386	-800.147	-329.257	202.661	-723.459	60.395	-60.395	-1198.735	-2245.644	
	35	-224.482	-581.856	-236.197	265.873	-622.084	60.395	-60.395	-716.268	-1725.015	
35	35	-212.752	-538.179	-219.897	241.923	-602.234	61.447	-61.447	-667.457	-1634.509	
	36	-117.921	-319.849	-126.820	313.346	-507.126	61.447	-61.447	-189.797	-1133.163	
36	36	-106.480	-277.657	-116.122	288.209	-495.768	61.861	-61.861	-150.188	-1057.887	
	37	-20.136	-59.369	-23.063	366.327	-405.793	61.861	-61.861	325.620	-570.222	

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	
37	37	-8.623	-17.451	-14.921	349.238	-404.746	61.998	-61.998	370.241	-507.739	
	38	77.741	200.889	78.160	433.365	-319.916	61.998	-61.998	852.153	-25.125	
38	38	89.254	242.801	86.414	433.063	-336.544	61.876	-61.876	913.408	20.049	
	39	175.605	461.107	179.480	522.497	-253.308	61.876	-61.876	1400.565	501.008	
39	39	187.209	503.744	190.683	533.077	-277.155	61.458	-61.458	1476.171	543.022	
	40	282.038	722.069	283.758	627.849	-204.874	61.458	-61.458	1977.172	1021.533	
40	40	293.762	765.746	301.054	647.743	-227.764	60.444	-60.444	2068.749	1072.354	
	41	401.672	984.051	394.120	749.053	-163.698	60.444	-60.444	2589.341	1555.701	
41	41	413.622	1031.277	421.311	779.871	-182.169	58.686	-58.686	2704.768	1625.355	
	42	534.616	1249.570	514.372	889.864	-134.181	58.686	-58.686	3247.108	2105.690	
42	42	545.599	1289.521	547.601	941.887	-193.291	56.118	-56.118	3380.726	2133.312	
	43	642.413	1442.372	612.763	1025.296	-171.733	56.118	-56.118	3778.962	2469.697	P4
43	43	-711.177	-1650.045	-684.246	97.687	-1043.443	22.573	-22.573	-2925.208	-4111.483	P4
	44	-579.071	-1431.749	-591.184	132.795	-928.779	22.573	-22.573	-2446.637	-3553.356	
44	44	-567.298	-1383.531	-557.166	78.575	-880.584	24.941	-24.941	-2404.479	-3413.520	
	45	-457.081	-1165.232	-464.103	139.738	-775.083	24.941	-24.941	-1921.737	-2886.439	
45	45	-445.524	-1120.850	-440.635	107.451	-744.854	26.408	-26.408	-1873.151	-2778.271	
	46	-346.837	-902.507	-347.553	201.285	-645.821	26.408	-26.408	-1369.203	-2269.125	
46	46	-335.195	-859.078	-332.185	157.612	-626.690	27.260	-27.260	-1341.587	-2180.408	
	47	-243.451	-640.764	-239.115	255.418	-532.365	27.260	-27.260	-840.652	-1682.955	
47	47	-231.954	-598.578	-229.556	203.538	-519.324	27.596	-27.596	-828.953	-1607.008	
	48	-142.532	-380.295	-136.500	304.795	-428.826	27.596	-27.596	-326.935	-1115.750	
48	48	-131.079	-338.542	-130.126	250.331	-438.657	27.721	-27.721	-321.694	-1066.125	
	49	-41.647	-120.233	-37.059	353.657	-340.695	27.721	-27.721	182.440	-567.355	
49	49	-30.399	-79.135	-32.081	315.235	-382.282	27.733	-27.733	201.352	-551.630	
	50	59.044	139.200	60.998	412.410	-271.432	27.733	-27.733	699.384	-39.923	
50	50	70.212	180.242	66.527	387.130	-325.440	27.712	-27.712	731.823	-36.171	
	51	159.650	398.567	159.601	487.797	-208.072	27.712	-27.712	1233.327	482.034	
51	51	171.445	441.199	168.925	483.903	-251.139	27.738	-27.738	1293.210	502.691	
	52	256.261	659.517	261.997	585.441	-153.462	27.738	-27.738	1790.954	996.576	
52	52	269.038	706.619	280.613	606.472	-165.761	27.828	-27.828	1890.570	1062.680	
	53	348.723	924.895	373.667	731.390	-92.505	27.828	-27.828	2406.503	1526.951	
53	53	365.483	976.503	408.668	774.924	-99.021	28.186	-28.186	2553.764	1623.446	
	54	388.997	1041.999	436.589	816.369	-87.750	28.186	-28.186	2712.139	1751.648	P5

< 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	
54	55	-311.226	-831.609	-291.700	103.470	-752.688	36.600	-36.600	-1294.465	-2223.823	A1
	56	-240.754	-630.039	-225.191	154.666	-624.007	36.600	-36.600	-904.718	-1756.591	
55	56	-231.243	-601.044	-219.646	154.789	-617.178	36.810	-36.810	-860.333	-1705.921	
	57	-147.049	-377.093	-145.753	236.437	-491.668	36.810	-36.810	-396.648	-1198.373	
56	57	-135.066	-342.387	-128.074	217.497	-503.477	36.839	-36.839	-351.190	-1145.842	
	58	-46.282	-118.428	-54.177	332.379	-392.242	36.839	-36.839	150.330	-647.968	
57	58	-33.812	-81.490	-31.112	279.918	-414.258	36.870	-36.870	170.375	-597.542	
	59	54.956	142.428	42.771	403.049	-309.282	36.870	-36.870	680.075	-105.997	
58	59	67.438	179.371	66.396	360.522	-352.501	36.999	-36.999	710.725	-76.294	
	60	156.213	403.309	140.285	465.112	-239.409	36.999	-36.999	1201.918	423.399	
59	60	168.501	439.467	161.373	462.631	-293.563	37.423	-37.423	1269.395	438.355	
	61	259.578	663.425	235.268	561.265	-184.128	37.423	-37.423	1756.960	936.720	

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	
60	61	272.075	699.508	251.139	581.232	-227.789	38.295	-38.295	1842.250	956.637	
	62	370.023	923.448	325.028	685.699	-122.787	38.295	-38.295	2342.493	1457.417	
61	62	382.856	958.744	332.841	719.710	-150.780	40.027	-40.027	2434.178	1483.635	
	63	492.285	1182.715	406.741	832.028	-76.097	40.027	-40.027	2953.796	1965.617	
62	63	505.725	1219.021	405.976	891.077	-122.297	42.641	-42.641	3064.440	1965.783	
	64	636.880	1442.980	479.872	1013.843	-83.305	42.641	-42.641	3616.216	2433.786	P1
63	64	-619.006	-1350.786	-443.816	169.081	-1060.399	73.676	-73.676	-2170.851	-3547.683	P1
	65	-522.934	-1194.044	-392.098	189.126	-972.818	73.676	-73.676	-1846.273	-3155.571	
64	65	-510.624	-1167.253	-397.952	142.472	-908.828	70.801	-70.801	-1862.556	-3055.458	
	66	-390.506	-943.306	-324.060	189.621	-792.897	70.801	-70.801	-1397.450	-2521.570	
65	66	-377.629	-906.978	-318.347	170.467	-753.308	68.778	-68.778	-1363.709	-2425.040	
	67	-270.503	-683.027	-244.454	236.363	-646.533	68.778	-68.778	-892.843	-1913.295	
66	67	-257.965	-647.465	-231.028	213.320	-624.236	67.705	-67.705	-855.433	-1828.399	
	68	-162.318	-423.545	-157.145	288.165	-524.461	67.705	-67.705	-387.139	-1335.175	
67	68	-150.066	-387.504	-137.834	262.816	-514.919	67.170	-67.170	-345.418	-1257.493	
	69	-61.272	-163.518	-63.929	347.439	-420.745	67.170	-67.170	125.890	-776.634	
68	69	-49.045	-127.333	-41.994	328.752	-422.961	67.034	-67.034	177.415	-708.367	
	70	39.723	96.586	31.889	417.164	-334.434	67.034	-67.034	652.396	-233.271	
69	70	51.967	132.810	53.846	414.811	-349.657	67.158	-67.158	720.593	-178.192	
	71	140.747	356.761	127.740	508.871	-267.477	67.158	-67.158	1201.277	290.612	
70	71	153.020	392.808	147.141	518.304	-292.722	67.668	-67.668	1278.942	332.579	
	72	248.675	616.747	221.031	618.060	-217.744	67.668	-67.668	1772.182	801.041	
71	72	261.324	652.632	234.794	640.335	-240.953	68.639	-68.639	1857.725	839.160	
	73	368.465	876.613	308.698	747.107	-174.931	68.639	-68.639	2369.521	1310.206	
72	73	381.496	913.134	314.996	785.392	-192.387	70.474	-70.474	2465.493	1346.766	
	74	501.611	1137.074	388.886	901.288	-141.777	70.474	-70.474	2999.334	1815.321	
73	74	514.461	1167.345	385.431	962.756	-185.112	73.041	-73.041	3103.033	1809.084	
	75	610.547	1324.110	437.156	1050.644	-164.545	73.041	-73.041	3495.497	2134.227	P2
74	75	-618.273	-1359.903	-449.348	174.403	-1072.017	76.469	-76.469	-2176.652	-3576.010	P2
	76	-522.196	-1203.152	-397.628	194.365	-984.168	76.469	-76.469	-1852.142	-3183.613	
75	76	-509.373	-1172.906	-401.079	151.433	-922.506	73.821	-73.821	-1858.104	-3079.685	
	77	-389.253	-948.958	-327.186	201.608	-806.565	73.821	-73.821	-1389.968	-2545.783	
76	77	-376.274	-912.536	-320.908	183.641	-768.266	71.895	-71.895	-1354.182	-2449.879	
	78	-269.160	-688.611	-247.023	249.544	-661.505	71.895	-71.895	-883.356	-1938.194	
77	78	-256.442	-652.498	-233.260	226.276	-639.242	70.863	-70.863	-845.062	-1852.306	
	79	-162.311	-428.546	-159.367	301.108	-539.442	70.863	-70.863	-378.253	-1360.530	
78	79	-150.077	-392.624	-139.996	275.747	-529.960	70.324	-70.324	-336.627	-1282.981	
	80	-64.359	-168.685	-66.107	357.801	-435.815	70.324	-70.324	128.974	-805.289	
79	80	-52.166	-132.620	-44.172	341.755	-438.034	70.186	-70.186	182.983	-737.178	
	81	33.567	91.357	29.730	430.198	-349.504	70.186	-70.186	655.039	-265.036	
80	81	45.763	127.429	51.671	427.858	-365.140	70.311	-70.311	723.031	-210.588	
	82	131.478	351.361	125.558	521.923	-282.990	70.311	-70.311	1200.631	255.095	
81	82	143.672	387.196	144.932	531.343	-308.362	70.828	-70.828	1277.970	296.609	
	83	237.797	611.131	218.820	631.071	-233.411	70.828	-70.828	1769.647	763.509	
82	83	250.512	647.248	232.616	653.360	-256.815	71.830	-71.830	1855.566	801.731	
	84	357.636	871.194	306.508	760.072	-190.727	71.830	-71.830	2367.240	1272.781	
83	84	370.591	907.577	312.829	798.429	-208.753	73.709	-73.709	2463.135	1308.536	
	85	490.717	1131.538	386.726	914.417	-157.930	73.709	-73.709	2997.107	1777.343	
84	85	503.521	1161.776	383.356	975.934	-201.101	76.321	-76.321	3100.908	1771.231	
	86	599.609	1318.544	435.082	1063.944	-180.726	76.321	-76.321	3493.500	2096.187	P3

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	
85	86	-574.094	-1246.743	-410.457	199.485	-1053.903	68.322	-68.322	-1963.487	-3353.519	P3
	87	-478.027	-1090.009	-358.742	217.594	-966.028	68.322	-68.322	-1640.862	-2961.128	
86	87	-465.341	-1060.103	-362.228	176.403	-904.236	65.739	-65.739	-1645.530	-2857.647	
	88	-345.206	-836.126	-288.325	225.645	-788.356	65.739	-65.739	-1178.273	-2323.752	
87	88	-332.326	-799.946	-282.040	205.787	-749.819	63.871	-63.871	-1144.654	-2228.003	
	89	-225.214	-576.025	-208.156	271.446	-643.142	63.871	-63.871	-674.078	-1716.409	
88	89	-212.598	-540.180	-194.374	247.682	-620.803	62.876	-62.876	-636.595	-1630.831	
	90	-118.462	-316.217	-120.476	322.170	-521.002	62.876	-62.876	-170.110	-1139.033	
89	90	-106.213	-280.219	-101.071	296.254	-511.207	62.351	-62.351	-128.898	-1061.061	
	91	-20.485	-56.254	-27.173	377.897	-416.944	62.351	-62.351	336.336	-583.207	
90	91	-8.257	-20.090	-5.254	359.083	-418.683	62.217	-62.217	387.698	-514.501	
	92	77.455	203.834	68.630	447.086	-329.954	62.217	-62.217	859.222	-42.251	
91	92	89.667	239.963	90.432	444.087	-352.151	62.335	-62.335	926.484	5.577	
	93	175.385	463.902	164.322	537.770	-261.784	62.335	-62.335	1403.714	479.490	
92	93	187.776	500.291	183.332	546.943	-288.650	62.823	-62.823	1481.166	519.927	
	94	281.910	724.248	257.227	646.405	-210.912	62.823	-62.823	1972.613	989.651	
93	94	294.513	759.912	269.908	669.239	-233.409	63.816	-63.816	2057.389	1027.108	
	95	401.630	983.845	343.796	775.844	-166.891	63.816	-63.816	2568.931	1498.563	
94	95	414.632	1020.323	348.229	815.673	-182.923	65.689	-65.689	2664.546	1534.572	
	96	534.760	1244.288	422.127	931.782	-132.978	65.689	-65.689	3198.646	2002.508	
95	96	547.205	1271.150	414.340	998.686	-183.672	68.359	-68.359	3299.739	1980.664	
	97	643.279	1427.897	466.059	1086.793	-162.866	68.359	-68.359	3692.387	2306.011	P4
96	97	-712.843	-1641.882	-550.085	86.409	-1098.882	33.165	-33.165	-2785.236	-4036.857	P4
	98	-581.683	-1417.914	-476.187	123.757	-977.379	33.165	-33.165	-2318.861	-3486.327	
97	98	-567.745	-1380.562	-478.319	75.450	-915.457	30.765	-30.765	-2320.411	-3372.847	
	99	-458.340	-1156.640	-404.435	142.126	-804.143	30.765	-30.765	-1846.524	-2854.322	
98	99	-445.209	-1120.720	-397.731	112.892	-767.835	29.178	-29.178	-1821.589	-2760.674	
	100	-347.247	-896.748	-323.831	211.667	-663.755	29.178	-29.178	-1326.980	-2260.759	
99	100	-334.694	-860.597	-308.858	166.583	-643.398	28.361	-28.361	-1309.206	-2175.907	
	101	-243.624	-636.655	-234.967	269.513	-544.490	28.361	-28.361	-817.372	-1688.097	
100	101	-231.456	-600.883	-214.486	214.383	-533.796	27.967	-27.967	-804.476	-1608.589	
	102	-142.675	-376.929	-140.592	320.937	-439.070	27.967	-27.967	-311.291	-1127.232	
101	102	-130.347	-340.392	-116.866	263.904	-455.913	27.842	-27.842	-295.860	-1071.360	
	103	-41.574	-116.461	-42.979	370.757	-354.119	27.842	-27.842	197.585	-582.974	
102	103	-29.051	-79.339	-17.872	329.400	-398.475	27.828	-27.828	230.966	-552.565	
	104	59.733	144.620	56.024	430.351	-281.964	27.828	-27.828	718.556	-49.416	
103	104	72.403	182.148	80.689	401.471	-340.650	27.852	-27.852	764.562	-33.262	
	105	161.180	406.091	154.580	506.061	-217.194	27.852	-27.852	1255.764	476.805	
104	105	173.660	442.466	175.429	493.609	-263.986	27.855	-27.855	1313.019	499.714	
	106	257.851	666.408	249.320	600.340	-158.796	27.855	-27.855	1801.774	986.928	
105	106	268.251	698.132	261.409	617.185	-168.430	27.708	-27.708	1872.685	1031.653	
	107	347.365	922.075	335.299	749.229	-91.856	27.708	-27.708	2381.676	1485.175	
106	107	352.564	932.389	324.261	791.942	-93.328	27.292	-27.292	2428.447	1488.594	
	108	375.906	999.577	346.430	836.043	-81.203	27.292	-27.292	2585.249	1613.418	P5

< 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	-24.505	-47.669	-164.877	582.725	-574.007	3.471	-1.980	349.145	-813.037	A1
	2	-24.505	-38.993	-83.158	536.474	-591.166	3.471	-1.980	393.290	-739.802	
2	2	-26.654	-68.114	-182.124	666.221	-672.241	4.298	-2.939	393.627	-952.072	
	3	-26.654	-58.476	-91.342	647.139	-692.405	4.298	-2.939	474.965	-871.816	
3	3	-16.253	-42.161	-137.300	580.177	-555.912	3.651	-3.804	388.115	-755.428	
	4	-16.253	-32.521	-46.498	531.981	-577.406	3.651	-3.804	440.361	-676.482	
4	4	-0.406	0.990	-71.186	465.624	-419.977	3.352	-4.770	398.375	-495.347	
	5	-0.406	10.629	19.599	373.228	-457.287	3.352	-4.770	406.402	-432.234	
5	5	14.526	43.596	-4.347	435.622	-388.760	5.716	-5.768	495.113	-340.754	
	6	14.526	53.235	86.446	387.708	-499.969	5.716	-5.768	547.631	-351.530	
6	6	27.283	80.233	51.248	550.279	-534.003	8.722	-8.722	717.765	-383.960	
	7	27.283	89.873	142.047	527.250	-563.105	8.722	-8.722	795.175	-312.623	
7	7	33.792	98.121	80.862	696.178	-677.816	10.617	-10.617	919.569	-475.658	
	8	33.792	107.760	171.655	676.011	-688.656	10.617	-10.617	999.835	-386.067	
8	8	32.477	91.634	73.863	813.156	-757.766	11.234	-11.234	1022.364	-571.027	
	9	32.477	101.272	164.649	793.491	-803.341	11.234	-11.234	1103.123	-516.177	
9	9	19.766	46.372	19.797	882.248	-819.066	9.001	-9.001	977.184	-742.132	
	10	19.766	56.012	110.598	864.926	-875.483	9.001	-9.001	1060.303	-698.108	P1
10	10	-4.073	-11.929	-56.806	867.383	-881.637	4.152	-4.152	798.727	-958.598	P1
	11	-4.073	-5.183	6.744	856.886	-893.431	4.152	-4.152	858.526	-900.096	
11	11	-16.444	-44.791	-138.952	863.353	-828.466	3.797	-4.084	666.963	-1032.737	
	12	-16.444	-35.151	-48.158	812.634	-848.133	3.797	-4.084	716.677	-951.971	
12	12	-22.387	-69.515	-162.202	776.880	-729.127	3.818	-5.838	526.595	-989.068	
	13	-22.387	-59.875	-71.405	737.675	-748.794	3.818	-5.838	587.825	-908.299	
13	13	-19.931	-63.938	-144.957	658.032	-608.460	3.465	-5.871	432.671	-843.157	
	14	-19.931	-54.300	-54.174	611.772	-628.624	3.465	-5.871	486.833	-762.899	
14	14	-11.514	-40.122	-101.213	564.408	-476.279	2.626	-4.637	414.186	-633.763	
	15	-11.514	-30.483	-10.422	476.284	-499.947	2.626	-4.637	426.491	-557.003	
15	15	-1.180	-9.444	-45.588	496.200	-422.974	3.301	-3.591	443.289	-482.777	
	16	-1.180	0.196	45.213	420.053	-499.903	3.301	-3.591	467.584	-459.265	
16	16	9.950	23.017	11.018	496.583	-478.673	4.587	-2.866	545.155	-437.555	
	17	9.950	32.656	101.812	472.742	-565.985	4.587	-2.866	621.747	-424.433	
17	17	18.571	47.051	55.500	624.669	-614.334	5.941	-4.313	751.732	-497.526	
	18	18.571	56.690	146.290	604.503	-659.418	5.941	-4.313	831.996	-442.180	
18	18	21.825	53.797	74.715	747.680	-742.713	6.371	-5.248	904.389	-597.623	
	19	21.825	63.436	165.504	727.515	-782.924	6.371	-5.248	984.651	-537.406	
19	19	17.113	32.141	55.702	852.372	-826.518	5.667	-5.519	962.995	-727.081	
	20	17.113	41.780	146.492	832.706	-879.046	5.667	-5.519	1043.757	-679.181	
20	20	6.796	2.618	6.789	901.146	-874.717	2.956	-2.956	920.306	-861.470	
	21	6.796	9.366	70.347	889.443	-902.195	2.956	-2.956	978.909	-818.642	P2
21	21	-10.700	-25.274	-75.249	899.593	-892.911	3.156	-2.284	791.526	-1006.418	P2
	22	-10.700	-18.527	-11.698	872.703	-904.612	3.156	-2.284	834.935	-947.821	
22	22	-21.433	-58.430	-151.596	877.557	-837.631	3.436	-5.625	649.535	-1074.715	
	23	-21.433	-48.791	-60.802	825.014	-857.298	3.436	-5.625	697.424	-993.949	
23	23	-25.731	-78.376	-169.910	782.114	-732.237	3.849	-6.527	511.945	-1012.782	
	24	-25.731	-68.738	-79.126	741.102	-752.402	3.849	-6.527	571.355	-932.524	
24	24	-22.221	-70.055	-149.904	658.641	-609.355	3.333	-6.082	419.794	-857.616	
	25	-22.221	-60.416	-59.109	612.431	-629.521	3.333	-6.082	474.018	-777.349	

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	
25	25	-12.614	-42.110	-103.951	565.566	-477.175	2.566	-4.580	409.457	-640.429	
	26	-12.614	-32.471	-13.161	477.787	-501.033	2.566	-4.580	422.107	-563.859	
26	26	-1.017	-7.094	-46.258	498.443	-423.351	3.381	-3.327	447.454	-481.047	
	27	-1.017	2.546	44.547	422.497	-499.069	3.381	-3.327	471.954	-456.319	
27	27	10.809	28.434	11.643	499.080	-476.891	4.586	-2.587	554.552	-428.592	
	28	10.809	38.073	102.429	475.223	-565.012	4.586	-2.587	631.120	-416.288	
28	28	21.223	58.190	58.226	627.847	-611.734	6.026	-3.415	771.512	-477.510	
	29	21.223	67.829	149.014	607.681	-657.594	6.026	-3.415	851.773	-422.943	
29	29	25.737	68.738	79.059	752.254	-741.313	6.248	-3.743	932.037	-571.521	
	30	25.737	78.378	169.851	732.239	-782.062	6.248	-3.743	1012.452	-511.840	
30	30	22.887	51.973	62.054	860.588	-827.079	5.459	-3.671	1002.961	-693.836	
	31	22.887	61.613	152.852	840.920	-878.972	5.459	-3.671	1083.732	-645.292	
31	31	13.620	24.982	14.455	911.429	-877.076	2.102	-3.350	966.587	-827.371	
	32	13.620	31.730	78.013	899.708	-903.287	2.102	-3.350	1025.172	-783.275	P3
32	32	-2.355	0.470	-66.056	908.781	-894.465	3.475	-3.475	844.314	-965.881	P3
	33	-2.355	7.216	-2.511	883.652	-906.183	3.475	-3.475	889.477	-907.308	
33	33	-11.567	-29.465	-140.946	885.440	-836.777	6.330	-6.330	709.792	-1025.084	
	34	-11.567	-19.825	-50.141	833.512	-856.446	6.330	-6.330	758.310	-944.308	
34	34	-15.746	-49.864	-159.220	788.541	-729.693	6.192	-6.750	569.904	-961.272	
	35	-15.746	-40.225	-68.437	743.707	-749.734	6.192	-6.750	625.491	-880.892	
35	35	-12.747	-43.455	-139.861	664.140	-605.541	5.268	-6.315	473.345	-807.919	
	36	-12.747	-33.815	-49.062	614.430	-625.709	5.268	-6.315	524.074	-727.647	
36	36	-5.030	-20.943	-95.905	570.631	-474.732	3.633	-4.879	452.387	-601.489	
	37	-5.030	-11.305	-5.123	483.598	-498.589	3.633	-4.879	465.773	-524.926	
37	37	4.298	7.885	-40.747	503.929	-422.305	3.922	-3.482	479.286	-454.352	
	38	4.298	17.525	50.056	428.922	-500.045	3.922	-3.482	504.723	-431.649	
38	38	12.309	33.537	12.598	503.397	-479.417	4.650	-2.608	566.491	-423.581	
	39	12.309	43.176	103.387	479.715	-567.508	4.650	-2.608	643.236	-411.243	
39	39	17.325	49.380	52.408	628.554	-611.917	5.484	-3.506	753.151	-496.310	
	40	17.325	59.019	143.205	608.387	-658.204	5.484	-3.506	833.420	-442.161	
40	40	16.308	46.039	63.891	753.691	-737.939	5.165	-3.921	885.093	-615.623	
	41	16.308	55.678	154.680	734.025	-784.221	5.165	-3.921	965.855	-561.477	
41	41	5.866	8.933	31.430	862.344	-833.453	3.354	-3.962	911.927	-791.186	
	42	5.866	18.571	122.213	842.680	-881.126	3.354	-3.962	992.685	-738.438	
42	42	-8.066	-26.645	-32.618	923.904	-913.915	5.646	-5.646	862.222	-986.889	
	43	-8.066	-19.896	30.950	912.083	-915.863	5.646	-5.646	920.717	-918.520	P4
43	43	-36.950	-102.512	-149.520	946.428	-952.056	10.147	-10.147	667.593	-1251.186	P4
	44	-36.950	-92.874	-58.736	886.569	-969.417	10.147	-10.147	708.157	-1168.123	
44	44	-52.412	-156.374	-212.585	894.513	-906.235	12.184	-12.184	485.325	-1339.790	
	45	-52.412	-146.736	-121.799	852.314	-925.900	12.184	-12.184	543.551	-1259.030	
45	45	-54.274	-165.376	-224.859	800.788	-823.775	12.129	-12.129	368.408	-1280.414	
	46	-54.274	-155.736	-134.054	800.728	-843.944	12.129	-12.129	468.793	-1200.138	
46	46	-47.150	-146.738	-197.607	678.563	-692.015	9.947	-9.947	297.016	-1093.457	
	47	-47.150	-137.098	-106.814	676.647	-712.182	9.947	-9.947	395.531	-1013.191	
47	47	-33.538	-108.578	-142.802	575.125	-536.191	6.999	-6.999	297.207	-828.108	
	48	-33.538	-98.940	-52.023	533.923	-556.255	6.999	-6.999	356.422	-747.755	
48	48	-14.124	-54.978	-70.255	514.033	-447.189	4.708	-4.168	379.384	-590.714	
	49	-14.124	-45.339	20.535	434.656	-488.266	4.708	-4.168	400.435	-531.362	
49	49	7.321	3.007	9.282	489.325	-446.755	3.757	-2.749	512.692	-429.894	
	50	7.321	12.647	100.084	481.912	-539.555	3.757	-2.749	605.721	-422.252	

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	
50	50	28.601	58.080	87.300	652.133	-625.114	2.980	-4.221	829.093	-455.354	
	51	28.601	67.720	178.096	631.966	-661.079	2.980	-4.221	909.363	-390.882	
51	51	44.688	96.337	149.529	817.641	-786.609	3.201	-5.055	1111.396	-501.110	
	52	44.688	105.977	240.323	797.475	-786.666	3.201	-5.055	1191.663	-400.734	
52	52	50.718	98.302	174.244	832.181	-811.647	3.720	-4.995	1159.165	-493.378	
	53	50.718	107.940	265.021	812.018	-832.622	3.720	-4.995	1239.416	-413.939	
53	53	31.642	40.176	127.701	564.124	-560.683	2.375	-3.073	766.018	-364.237	
	54	31.642	43.068	154.939	558.741	-582.169	2.375	-3.073	790.766	-355.593	P5

< 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	
54	55	-27.465	-144.907	-80.230	581.281	-573.435	3.342	-2.003	332.022	-828.040	A1
	56	-27.465	-113.931	-125.688	581.940	-554.187	3.342	-2.003	318.199	-823.274	
55	56	-29.728	-137.292	-89.666	677.198	-680.525	4.285	-2.771	424.796	-939.983	
	57	-29.728	-102.877	-140.171	677.931	-674.664	4.285	-2.771	409.440	-950.212	
56	57	-18.781	-95.472	-52.840	557.723	-569.032	3.660	-3.686	394.290	-739.810	
	58	-18.781	-61.055	-103.347	557.723	-561.216	3.660	-3.686	378.200	-748.085	
57	58	-2.805	-39.763	7.711	448.047	-449.527	3.229	-4.685	416.419	-489.069	
	59	-2.805	-5.352	-42.787	448.047	-382.400	3.229	-4.685	400.332	-438.030	
58	59	11.847	11.076	69.771	415.731	-413.835	5.591	-5.696	514.016	-326.838	
	60	11.847	45.489	19.268	484.801	-413.835	5.591	-5.696	566.996	-342.927	
59	60	23.341	51.798	120.465	557.261	-527.752	8.339	-8.339	761.205	-340.486	
	61	23.341	86.215	69.958	565.410	-527.018	8.339	-8.339	753.263	-355.844	
60	61	29.672	76.410	146.561	720.130	-682.197	10.529	-10.529	983.301	-440.083	
	62	29.672	110.824	96.058	726.496	-681.443	10.529	-10.529	973.579	-455.417	
61	62	28.644	76.646	135.521	804.991	-828.737	10.626	-10.626	1056.429	-598.551	
	63	28.644	111.065	85.012	819.215	-827.983	10.626	-10.626	1054.562	-613.887	
62	63	17.545	49.107	81.816	859.707	-902.216	8.676	-8.676	1016.851	-762.423	
	64	17.545	83.524	31.309	900.575	-901.465	8.676	-8.676	1041.628	-777.763	P1
63	64	0.652	-11.725	-2.949	927.191	-887.150	4.950	-4.950	918.119	-906.122	P1
	65	0.652	12.362	-38.298	927.715	-887.147	4.950	-4.950	907.382	-917.380	
64	65	-14.096	-75.246	-57.487	876.613	-867.279	3.769	-3.634	733.552	-1017.742	
	66	-14.096	-40.831	-107.992	877.367	-831.604	3.769	-3.634	718.217	-998.158	
65	66	-19.456	-85.726	-81.485	771.176	-783.588	3.789	-5.470	588.297	-975.726	
	67	-19.456	-51.311	-131.991	771.930	-777.210	3.789	-5.470	572.961	-985.438	
66	67	-17.147	-75.930	-68.345	611.807	-651.969	3.410	-5.420	453.796	-818.810	
	68	-17.147	-41.519	-118.843	612.562	-645.519	3.410	-5.420	438.463	-828.448	
67	68	-10.351	-50.807	-28.532	500.231	-544.815	2.637	-4.636	413.178	-639.141	
	69	-10.351	-16.387	-79.045	500.986	-496.512	2.637	-4.636	397.841	-606.931	
68	69	-0.341	-16.593	24.237	440.119	-481.477	3.303	-3.485	450.725	-477.658	
	70	-0.341	17.818	-26.261	483.386	-439.321	3.303	-3.485	477.905	-451.590	
69	70	9.216	16.833	76.555	496.394	-500.150	4.450	-2.791	603.448	-400.336	
	71	9.216	51.249	26.050	544.392	-499.395	4.450	-2.791	635.357	-415.672	
70	71	17.028	45.131	117.346	645.924	-609.146	5.685	-4.124	831.114	-433.765	
	72	17.028	79.545	66.843	652.386	-608.392	5.685	-4.124	821.487	-449.100	
71	72	20.491	59.459	132.000	782.266	-769.572	6.232	-5.227	1000.448	-562.849	
	73	20.491	93.879	81.487	788.669	-768.817	6.232	-5.227	990.759	-578.186	
72	73	17.399	56.669	111.183	846.107	-880.230	4.857	-4.706	1036.214	-699.686	
	74	17.399	91.083	60.680	883.048	-879.476	4.857	-4.706	1057.066	-715.020	

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	
73	74	4.045	15.775	48.226	903.247	-933.522	2.924	-2.924	974.217	-868.400	
	75	4.045	39.865	12.872	916.816	-932.997	2.924	-2.924	976.522	-879.138	P2
74	75	-8.576	-56.123	-18.859	930.558	-919.982	3.096	-1.888	850.097	-1005.428	P2
	76	-8.576	-32.034	-54.209	931.083	-906.758	3.096	-1.888	839.360	-1003.466	
75	76	-21.022	-104.680	-65.758	879.072	-887.106	3.389	-5.091	691.001	-1083.657	
	77	-21.022	-70.265	-116.263	879.826	-850.015	3.389	-5.091	675.666	-1062.656	
76	77	-24.204	-106.830	-86.360	769.035	-792.799	3.682	-6.258	555.323	-1016.452	
	78	-24.204	-72.418	-136.859	769.789	-786.397	3.682	-6.258	539.989	-1026.137	
77	78	-20.016	-89.203	-70.934	608.700	-655.962	3.072	-5.697	431.619	-841.813	
	79	-20.016	-54.787	-121.440	609.454	-649.496	3.072	-5.697	416.283	-851.436	
78	79	-11.756	-57.939	-29.420	499.793	-547.643	2.548	-4.546	403.225	-651.305	
	80	-11.756	-23.526	-79.923	500.547	-499.238	2.548	-4.546	387.890	-618.989	
79	80	-0.919	-19.263	24.446	440.560	-484.021	3.346	-3.294	448.170	-483.051	
	81	-0.919	15.157	-26.065	483.240	-441.074	3.346	-3.294	474.758	-456.196	
80	81	10.168	19.976	78.507	497.483	-500.262	4.543	-2.559	610.677	-394.170	
	82	10.168	54.389	28.006	545.800	-499.508	4.543	-2.559	642.906	-409.504	
81	82	19.058	52.638	120.611	647.844	-608.566	5.632	-3.347	845.782	-419.606	
	83	19.058	87.051	70.109	654.310	-607.811	5.632	-3.347	836.159	-434.941	
82	83	24.567	73.239	137.198	787.516	-769.882	6.274	-3.716	1028.794	-538.593	
	84	24.567	107.654	86.693	793.917	-769.127	6.274	-3.716	1019.106	-553.928	
83	84	23.183	75.223	118.195	853.896	-881.500	4.833	-3.689	1075.331	-668.588	
	85	23.183	109.640	67.687	890.408	-880.746	4.833	-3.689	1095.752	-683.924	
84	85	12.427	40.826	57.775	912.936	-934.995	1.620	-3.370	1025.583	-827.338	
	86	12.427	64.917	22.420	926.991	-934.471	1.620	-3.370	1028.375	-838.077	P3
85	86	-0.164	-31.314	-9.108	940.239	-921.107	3.462	-3.462	903.115	-965.155	P3
	87	-0.164	-7.228	-44.455	940.764	-908.816	3.462	-3.462	892.379	-964.125	
86	87	-12.150	-79.392	-55.480	886.712	-886.438	5.545	-5.545	745.235	-1039.006	
	88	-12.150	-44.973	-105.991	887.467	-850.111	5.545	-5.545	729.898	-1018.770	
87	88	-14.859	-81.219	-75.613	774.830	-790.479	6.188	-6.648	609.328	-968.817	
	89	-14.859	-46.808	-126.112	775.584	-784.079	6.188	-6.648	593.994	-978.505	
88	89	-11.461	-66.714	-60.739	612.675	-652.082	4.903	-5.935	478.665	-796.931	
	90	-11.461	-32.297	-111.247	613.430	-645.614	4.903	-5.935	463.328	-806.553	
89	90	-4.869	-40.751	-20.765	502.743	-545.694	3.516	-4.737	439.873	-616.816	
	91	-4.869	-6.333	-71.273	503.497	-495.784	3.516	-4.737	424.537	-582.998	
90	91	2.946	-10.989	30.153	442.355	-485.118	3.809	-3.477	468.273	-466.486	
	92	2.946	23.422	-20.347	486.546	-442.980	3.809	-3.477	496.376	-440.437	
91	92	10.283	17.199	80.374	499.569	-503.378	4.606	-2.646	612.031	-398.167	
	93	10.283	51.613	29.872	547.772	-502.623	4.606	-2.646	644.146	-413.502	
92	93	14.389	35.991	116.509	647.053	-614.423	5.129	-3.506	819.071	-451.041	
	94	14.389	70.407	66.002	653.512	-613.669	5.129	-3.506	809.439	-466.377	
93	94	13.134	36.764	123.621	780.069	-782.140	4.732	-3.954	958.321	-612.575	
	95	13.134	71.177	73.120	786.450	-781.386	4.732	-3.954	948.612	-627.909	
94	95	3.526	14.639	90.654	850.144	-900.383	2.654	-4.027	961.616	-795.592	
	96	3.526	49.056	40.145	884.363	-899.628	2.654	-4.027	979.744	-810.928	
95	96	-15.332	-50.518	9.610	938.850	-968.653	6.196	-6.196	888.806	-1031.089	
	97	-15.332	-26.430	-25.740	938.854	-968.128	6.196	-6.196	877.548	-1041.826	P4
96	97	-34.999	-130.447	-70.657	981.174	-990.977	9.543	-9.543	754.614	-1236.623	P4
	98	-34.999	-96.029	-121.166	981.924	-946.035	9.543	-9.543	739.273	-1207.772	
97	98	-47.535	-163.232	-132.406	931.743	-938.949	11.811	-11.811	600.381	-1293.933	
	99	-47.535	-128.821	-182.905	932.497	-932.458	11.811	-11.811	585.047	-1303.531	

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	
98	99	-49.273	-165.836	-149.065	807.602	-877.059	11.830	-11.830	455.258	-1253.063	
	100	-49.273	-131.417	-199.575	808.335	-870.674	11.830	-11.830	439.900	-1262.769	
99	100	-42.365	-140.423	-125.737	679.197	-732.096	9.585	-9.585	380.258	-1050.206	
	101	-42.365	-106.009	-176.240	679.930	-725.623	9.585	-9.585	364.902	-1059.822	
100	101	-29.660	-97.081	-75.554	539.957	-575.760	6.799	-6.799	344.461	-784.854	
	102	-29.660	-62.665	-126.060	540.711	-563.999	6.799	-6.799	329.125	-789.183	
101	102	-10.894	-35.790	-8.437	464.738	-501.648	4.667	-4.072	414.284	-560.840	
	103	-10.894	-1.377	-58.938	467.113	-465.550	4.667	-4.072	400.570	-540.831	
102	103	10.920	35.307	65.361	478.185	-501.411	3.703	-2.800	593.476	-392.624	
	104	10.920	69.724	14.853	531.817	-501.411	3.703	-2.800	631.017	-408.714	
103	104	32.397	107.915	135.530	674.012	-625.696	2.929	-4.229	952.783	-354.082	
	105	32.397	142.330	85.026	680.219	-624.962	2.929	-4.229	942.900	-369.438	
104	105	51.548	175.928	188.680	844.233	-791.260	3.427	-5.139	1263.817	-380.243	
	106	51.548	210.342	138.176	850.310	-790.527	3.427	-5.139	1253.804	-395.599	
105	106	57.942	217.020	201.266	865.328	-814.310	3.847	-4.984	1345.403	-343.066	
	107	57.942	251.434	150.762	872.342	-813.577	3.847	-4.984	1336.327	-358.422	
106	107	37.855	176.012	121.751	597.392	-556.912	2.560	-3.044	935.569	-224.339	
	108	37.855	186.337	106.599	599.596	-556.693	2.560	-3.044	932.947	-228.947	P5

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	1.094	-1.215	75.982	-721.952	2.310	797.934	A1
	2	2724.638	-345.329	112.070	-599.570	3069.967	711.640	
2	2	2724.638	-345.411	112.070	-599.570	3070.049	711.640	
	3	4568.453	-717.761	227.334	-476.611	5286.214	703.946	
3	3	4568.696	-717.892	227.334	-484.948	5286.588	712.283	
	4	5541.083	-1087.335	317.167	-378.093	6628.418	695.260	
4	4	5541.220	-1087.480	317.167	-396.068	6628.700	713.235	
	5	5749.291	-1458.033	386.096	-295.155	7207.324	681.251	
5	5	5749.406	-1458.166	386.096	-335.622	7207.572	721.717	
	6	5361.885	-1832.592	447.903	-228.228	7194.477	676.132	
6	6	5361.885	-1832.727	447.903	-278.439	7194.612	726.342	
	7	4403.528	-2215.787	530.853	-174.592	6619.315	705.445	
7	7	4403.528	-2215.887	530.853	-216.694	6619.415	747.547	
	8	2965.980	-2616.765	613.632	-117.077	5582.745	730.709	
8	8	2966.005	-2616.804	613.632	-145.668	5582.809	759.300	
	9	1325.314	-3056.308	694.636	-62.898	4381.622	757.534	
9	9	1325.314	-3056.308	694.636	-113.189	4381.622	807.825	
	10	992.315	-3557.942	777.595	-70.678	4550.257	848.273	P1
10	10	992.315	-3557.942	777.595	-773.088	4550.257	1550.682	P1
	11	800.089	-3012.946	114.972	-707.196	3813.035	822.168	
11	11	800.327	-3013.007	114.972	-712.835	3813.334	827.807	
	12	2318.038	-2538.370	148.597	-615.825	4856.408	764.422	
12	12	2318.040	-2538.370	148.597	-629.275	4856.410	777.872	
	13	3751.539	-2108.318	213.144	-530.907	5859.857	744.051	
13	13	3751.540	-2108.318	213.144	-547.400	5859.858	760.544	
	14	4751.001	-1700.531	271.936	-447.961	6451.532	719.897	
14	14	4751.001	-1700.531	271.936	-467.542	6451.532	739.477	
	15	5263.902	-1303.421	331.912	-367.194	6567.323	699.106	
15	15	5263.946	-1303.421	331.912	-393.470	6567.367	725.382	
	16	5270.104	-1359.257	392.103	-288.770	6629.361	680.873	
16	16	5270.104	-1359.385	392.103	-332.942	6629.489	725.044	
	17	4768.782	-1775.585	465.646	-226.858	6544.367	692.504	
17	17	4768.782	-1775.698	465.646	-272.441	6544.480	738.087	
	18	3777.223	-2201.987	545.651	-175.600	5979.210	721.251	
18	18	3777.223	-2202.061	545.651	-211.253	5979.284	756.905	
	19	2344.499	-2649.670	627.874	-119.110	4994.169	746.984	
19	19	2344.506	-2649.670	627.874	-146.661	4994.176	774.535	
	20	918.152	-3141.118	711.977	-78.073	4059.270	790.049	
20	20	918.152	-3141.118	711.977	-110.095	4059.270	822.072	
	21	997.202	-3530.986	773.684	-102.508	4528.188	876.191	P2
21	21	998.458	-3534.398	773.684	-774.290	4532.856	1547.974	P2
	22	886.350	-3119.311	111.368	-707.880	4005.661	819.247	
22	22	886.561	-3119.422	111.368	-712.819	4005.983	824.186	
	23	2336.279	-2632.503	149.256	-615.667	4968.782	764.923	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
23	23	2336.279	-2632.511	149.256	-629.005	4968.790	778.260	
	24	3771.099	-2189.356	213.637	-530.620	5960.455	744.256	
24	24	3771.142	-2189.356	213.637	-547.052	5960.498	760.689	
	25	4768.881	-1767.518	272.335	-447.591	6536.399	719.925	
25	25	4768.881	-1767.518	272.335	-467.205	6536.399	739.540	
	26	5278.878	-1355.936	332.116	-366.859	6634.814	698.975	
26	26	5278.956	-1355.936	332.116	-393.254	6634.892	725.370	
	27	5282.383	-1380.901	392.389	-288.516	6663.284	680.906	
27	27	5282.383	-1381.038	392.389	-332.890	6663.421	725.279	
	28	4779.214	-1801.786	466.056	-227.897	6581.000	693.953	
28	28	4779.265	-1801.917	466.056	-272.585	6581.182	738.641	
	29	3786.633	-2233.067	545.895	-176.813	6019.700	722.708	
29	29	3786.633	-2233.154	545.895	-213.281	6019.787	759.176	
	30	2353.002	-2685.810	627.920	-121.065	5038.812	748.985	
30	30	2353.023	-2685.810	627.920	-148.822	5038.833	776.743	
	31	1072.256	-3183.337	711.976	-80.962	4255.593	792.938	
31	31	1072.256	-3183.337	711.976	-111.332	4255.593	823.308	
	32	1178.059	-3575.028	773.930	-104.445	4753.087	878.375	P3
32	32	1178.059	-3575.028	773.930	-776.030	4753.087	1549.960	P3
	33	904.944	-3120.310	115.810	-709.644	4025.254	825.455	
33	33	905.157	-3120.397	115.810	-714.914	4025.554	830.724	
	34	2333.223	-2638.239	157.612	-618.112	4971.462	775.724	
34	34	2333.223	-2638.246	157.612	-631.827	4971.469	789.439	
	35	3779.374	-2200.573	221.473	-533.906	5979.947	755.379	
35	35	3779.397	-2200.573	221.473	-550.775	5979.970	772.248	
	36	4797.706	-1784.435	276.243	-451.739	6582.141	727.981	
36	36	4797.738	-1784.435	276.243	-471.651	6582.173	747.893	
	37	5334.562	-1378.687	329.849	-371.626	6713.249	701.475	
37	37	5334.618	-1378.687	329.849	-396.844	6713.305	726.693	
	38	5365.623	-1635.337	389.111	-293.402	7000.960	682.513	
38	38	5365.623	-1635.470	389.111	-336.544	7001.093	725.655	
	39	4890.436	-2132.314	461.469	-230.639	7022.750	692.108	
39	39	4890.436	-2132.441	461.469	-275.963	7022.877	737.432	
	40	3915.742	-2640.292	541.018	-179.018	6556.034	720.036	
40	40	3915.742	-2640.369	541.018	-214.416	6556.111	755.435	
	41	2478.264	-3171.166	623.262	-121.529	5649.430	744.791	
41	41	2478.264	-3171.166	623.262	-149.089	5649.430	772.351	
	42	817.503	-3747.591	707.777	-79.694	4565.094	787.471	
42	42	817.503	-3747.591	707.777	-113.016	4565.094	820.793	
	43	912.844	-4197.601	769.436	-104.902	5110.445	874.339	P4
43	43	912.915	-4197.601	769.436	-795.020	5110.516	1564.456	P4
	44	1208.069	-2869.461	116.309	-707.378	4077.530	823.687	
44	44	1209.023	-2869.600	116.309	-722.902	4078.623	839.211	
	45	2791.187	-2505.467	139.738	-633.971	5296.654	773.708	
45	45	2791.272	-2505.467	139.738	-654.286	5296.739	794.023	
	46	4345.784	-2180.607	201.285	-563.383	6526.391	764.668	
46	46	4345.886	-2180.607	201.285	-584.794	6526.493	786.079	
	47	5567.940	-1873.181	255.418	-491.509	7441.121	746.927	
47	47	5567.940	-1873.181	255.418	-513.204	7441.121	768.622	
	48	6351.248	-1573.964	304.795	-417.469	7925.212	722.264	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
48	48	6351.330	-1573.964	304.795	-438.657	7925.294	743.452	
	49	6627.678	-1277.905	353.657	-340.695	7905.583	694.352	
49	49	6627.678	-1277.905	353.657	-382.282	7905.583	735.939	
	50	6356.225	-983.314	412.410	-271.432	7339.539	683.842	
50	50	6356.225	-983.314	412.410	-325.440	7339.539	737.850	
	51	5408.404	-689.441	487.797	-208.072	6097.845	695.870	
51	51	5408.404	-689.441	487.797	-251.139	6097.845	738.937	
	52	3747.643	-394.381	578.295	-129.197	4142.024	707.492	
52	52	3747.694	-394.381	578.295	-154.945	4142.075	733.240	
	53	1076.631	-94.549	699.250	-59.388	1171.180	758.637	
53	53	1077.139	-94.549	711.240	-63.127	1171.688	774.367	
	54	0.190	-0.456	749.551	-62.449	0.646	812.000	P5

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	0.976	-1.304	73.527	-751.837	2.280	825.364	A1
	56	2804.475	-331.635	112.705	-621.653	3136.110	734.358	
55	56	2804.475	-331.635	112.705	-621.653	3136.110	734.358	
	57	4666.194	-701.223	235.254	-491.668	5367.417	726.922	
56	57	4666.194	-701.223	235.254	-503.477	5367.417	738.730	
	58	5640.816	-1074.102	332.379	-392.242	6714.918	724.621	
57	58	5640.816	-1074.123	332.379	-414.258	6714.939	746.637	
	59	5849.140	-1448.640	403.049	-309.282	7297.780	712.331	
58	59	5849.140	-1448.640	403.049	-352.501	7297.780	755.550	
	60	5463.068	-1819.809	465.112	-239.409	7282.877	704.521	
59	60	5463.144	-1819.809	465.112	-293.563	7282.953	758.675	
	61	4501.592	-2211.149	550.276	-184.128	6712.741	734.404	
60	61	4501.722	-2211.149	550.276	-227.789	6712.871	778.066	
	62	3044.607	-2636.222	635.898	-122.787	5680.829	758.685	
61	62	3044.713	-2636.222	635.898	-150.780	5680.935	786.678	
	63	1347.340	-3127.959	723.241	-60.787	4475.299	784.028	
62	63	1348.260	-3128.102	723.241	-106.381	4476.362	829.622	
	64	999.072	-3722.295	817.150	-63.357	4721.367	880.507	P1
63	64	999.085	-3722.648	817.150	-816.717	4721.733	1633.866	P1
	65	811.617	-3091.553	105.419	-748.491	3903.170	853.909	
64	65	811.617	-3091.553	105.419	-748.491	3903.170	853.909	
	66	2384.066	-2563.825	149.329	-644.348	4947.891	793.677	
65	66	2384.066	-2563.861	149.329	-653.744	4947.927	803.073	
	67	3847.691	-2108.288	219.734	-551.274	5955.979	771.008	
66	67	3847.691	-2108.420	219.734	-567.610	5956.111	787.344	
	68	4855.911	-1691.660	284.265	-464.102	6547.571	748.368	
67	68	4855.911	-1691.813	284.265	-485.923	6547.724	770.188	
	69	5370.202	-1300.775	347.439	-381.523	6670.977	728.962	
68	69	5370.202	-1300.841	347.439	-410.271	6671.043	757.710	
	70	5375.934	-1355.713	408.964	-302.243	6731.647	711.206	
69	70	5376.105	-1355.713	408.964	-348.530	6731.818	757.493	
	71	4873.238	-1766.915	484.056	-237.838	6640.153	721.894	
70	71	4873.370	-1766.915	484.056	-285.161	6640.285	769.217	
	72	3873.139	-2203.090	565.769	-182.880	6076.229	748.649	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
71	72	3873.352	-2203.090	565.769	-218.068	6076.442	783.836	
	73	2411.674	-2678.556	651.993	-122.255	5090.230	774.248	
72	73	2411.851	-2678.574	651.993	-147.593	5090.425	799.586	
	74	924.966	-3226.668	743.732	-78.897	4151.634	822.629	
73	74	925.211	-3226.872	747.106	-100.296	4152.083	847.402	
	75	1001.515	-3685.131	816.090	-96.251	4686.646	912.341	P2
74	75	1001.515	-3687.121	816.090	-816.713	4688.636	1632.803	P2
	76	894.732	-3205.036	101.523	-747.853	4099.768	849.375	
75	76	894.732	-3205.036	101.523	-747.853	4099.768	849.375	
	77	2403.904	-2661.495	149.991	-643.441	5065.399	793.432	
76	77	2403.904	-2661.495	149.991	-653.141	5065.399	803.132	
	78	3867.411	-2190.583	220.231	-550.632	6057.994	770.863	
77	78	3867.411	-2190.678	220.231	-567.187	6058.089	787.418	
	79	4873.707	-1758.909	284.405	-463.661	6632.616	748.067	
78	79	4873.707	-1759.038	284.405	-485.627	6632.745	770.032	
	80	5385.358	-1352.374	347.569	-381.257	6737.732	728.826	
79	80	5385.358	-1352.441	347.569	-410.111	6737.799	757.681	
	81	5388.640	-1377.413	409.216	-302.015	6766.053	711.231	
80	81	5388.786	-1377.413	409.216	-348.428	6766.199	757.644	
	82	4883.932	-1793.121	484.458	-238.743	6677.053	723.201	
81	82	4884.057	-1793.121	484.458	-285.258	6677.178	769.716	
	83	3882.768	-2233.956	566.010	-183.963	6116.724	749.972	
82	83	3882.956	-2233.956	566.010	-220.001	6116.912	786.010	
	84	2420.654	-2714.214	652.034	-124.127	5134.868	776.161	
83	84	2420.826	-2714.218	652.034	-149.696	5135.044	801.731	
	85	1068.658	-3268.174	743.770	-81.879	4336.832	825.649	
84	85	1068.660	-3268.356	747.118	-101.587	4337.016	848.704	
	86	1178.270	-3724.803	816.402	-98.437	4903.073	914.839	P3
85	86	1178.349	-3725.150	816.402	-818.305	4903.499	1634.707	P3
	87	912.424	-3206.690	108.632	-749.441	4119.114	858.072	
86	87	912.424	-3206.690	108.632	-749.441	4119.114	858.072	
	88	2401.215	-2667.385	158.175	-645.776	5068.600	803.952	
87	88	2401.215	-2667.393	158.175	-655.915	5068.608	814.091	
	89	3875.757	-2201.705	227.864	-553.896	6077.462	781.759	
88	89	3875.757	-2201.826	227.864	-570.890	6077.583	798.753	
	90	4902.568	-1775.698	286.677	-467.809	6678.266	754.486	
89	90	4902.568	-1775.851	286.677	-490.024	6678.419	776.701	
	91	5440.775	-1374.964	345.016	-385.971	6815.739	730.987	
90	91	5440.775	-1375.010	345.016	-413.624	6815.785	758.640	
	92	5471.371	-1631.154	405.941	-306.914	7102.525	712.855	
91	92	5471.533	-1631.154	405.941	-352.151	7102.687	758.092	
	93	4994.513	-2118.706	479.844	-241.627	7113.219	721.471	
92	93	4994.633	-2118.706	479.844	-288.650	7113.339	768.494	
	94	4010.484	-2634.537	561.210	-186.237	6645.021	747.447	
93	94	4010.674	-2634.537	561.210	-221.143	6645.211	782.354	
	95	2542.969	-3189.977	647.667	-124.612	5732.946	772.279	
94	95	2543.162	-3189.978	647.667	-149.935	5733.140	797.602	
	96	815.291	-3820.107	740.180	-80.824	4635.398	821.004	
95	96	816.107	-3820.300	743.736	-103.137	4636.407	846.873	
	97	920.130	-4333.234	813.050	-99.014	5253.364	912.065	P4

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	920.130	-4333.796	813.050	-834.098	5253.926	1647.148	P4
	98	1231.303	-2942.466	109.119	-742.807	4173.769	851.927	
97	98	1231.303	-2942.466	109.119	-751.060	4173.769	860.180	
	99	2873.267	-2526.263	142.126	-658.355	5399.530	800.481	
98	99	2873.267	-2526.320	142.126	-675.939	5399.587	818.065	
	100	4446.027	-2176.884	211.667	-581.251	6622.911	792.919	
99	100	4446.027	-2177.038	211.667	-603.463	6623.065	815.130	
	101	5669.653	-1862.596	269.513	-506.392	7532.249	775.906	
100	101	5669.653	-1862.729	269.513	-530.701	7532.382	800.214	
	102	6448.945	-1568.572	320.937	-431.146	8017.517	752.083	
101	102	6448.945	-1568.635	320.937	-455.913	8017.580	776.850	
	103	6720.920	-1271.722	370.757	-354.119	7992.642	724.876	
102	103	6721.110	-1271.734	370.757	-398.475	7992.844	769.232	
	104	6447.681	-973.309	430.351	-281.964	7420.990	712.315	
103	104	6447.851	-973.309	430.351	-340.650	7421.160	771.001	
	105	5497.983	-675.170	506.061	-217.194	6173.153	723.255	
104	105	5498.183	-675.234	506.061	-263.986	6173.417	770.047	
	106	3829.413	-380.399	597.204	-134.490	4209.812	731.695	
105	106	3829.555	-380.446	597.204	-158.018	4210.001	755.223	
	107	1114.317	-86.912	722.840	-58.588	1201.229	781.428	
106	107	1114.317	-86.983	740.961	-59.379	1201.300	800.340	
	108	0.231	-0.563	781.893	-57.930	0.794	839.824	P5

< 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	1.054	-1.307	107.208	-730.758	2.362	837.966	A1
	2	2562.925	-457.292	156.866	-609.901	3020.217	766.767	
2	2	2563.236	-457.341	156.866	-609.901	3020.577	766.767	
	3	4485.484	-948.758	229.529	-471.685	5434.242	701.214	
3	3	4485.934	-948.944	229.529	-471.685	5434.878	701.214	
	4	5607.054	-1438.817	292.120	-359.992	7045.871	652.112	
4	4	5607.427	-1439.035	292.120	-359.992	7046.462	652.112	
	5	6010.906	-1929.626	353.347	-266.728	7940.532	620.075	
5	5	6011.016	-1929.841	353.347	-280.343	7940.857	633.689	
	6	5726.870	-2424.630	438.939	-195.469	8151.500	634.409	
6	6	5726.870	-2424.871	449.865	-227.771	8151.741	677.636	
	7	4782.188	-2930.957	543.936	-148.562	7713.145	692.497	
7	7	4782.188	-2931.234	563.206	-176.969	7713.422	740.175	
	8	3200.760	-3471.462	662.589	-106.283	6672.222	768.872	
8	8	3200.854	-3472.119	690.922	-129.959	6672.973	820.881	
	9	1771.215	-5032.363	797.357	-77.991	6803.578	875.348	
9	9	1771.215	-5032.964	844.838	-130.868	6804.179	975.706	
	10	1308.010	-8340.288	960.683	-94.264	9648.298	1054.947	P1
10	10	1308.010	-8340.288	960.683	-1001.099	9648.298	1961.782	P1
	11	1256.203	-5762.283	197.271	-918.205	7018.486	1115.477	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
11	11	1256.244	-5762.283	197.271	-918.205	7018.527	1115.477	
	12	1968.751	-3336.291	188.825	-759.410	5305.042	948.235	
12	12	1968.751	-3336.291	188.825	-759.410	5305.042	948.235	
	13	3365.545	-2550.004	230.916	-625.852	5915.549	856.767	
13	13	3365.831	-2550.004	230.916	-625.852	5915.835	856.767	
	14	4788.231	-2612.902	279.161	-510.882	7401.133	790.043	
14	14	4788.475	-2612.902	279.161	-510.882	7401.377	790.043	
	15	5566.237	-2711.425	333.001	-409.790	8277.662	742.790	
15	15	5566.317	-2711.425	333.001	-409.790	8277.742	742.790	
	16	5692.605	-2815.278	403.218	-324.514	8507.883	727.732	
16	16	5692.605	-2815.278	403.603	-337.670	8507.883	741.273	
	17	5166.673	-2924.027	493.386	-259.051	8090.700	752.437	
17	17	5166.673	-2924.044	504.376	-283.489	8090.717	787.865	
	18	3995.322	-3069.974	599.435	-211.614	7065.296	811.049	
18	18	3995.322	-3070.044	619.166	-235.041	7065.366	854.207	
	19	2672.618	-3877.832	720.619	-171.490	6550.450	892.108	
19	19	2672.986	-3878.901	750.978	-191.391	6551.887	942.369	
	20	1982.350	-6249.308	860.774	-142.547	8231.658	1003.322	
20	20	1982.350	-6249.602	908.519	-192.904	8231.952	1101.423	
	21	2028.707	-8804.219	991.707	-171.787	10832.926	1163.494	P2
21	21	2031.009	-8807.481	991.707	-1013.534	10838.490	2005.241	P2
	22	1947.183	-6177.029	202.382	-930.383	8124.212	1132.766	
22	22	1947.235	-6177.029	202.382	-930.383	8124.264	1132.766	
	23	2593.170	-3686.462	200.959	-772.615	6279.632	973.574	
23	23	2593.170	-3686.462	200.959	-772.615	6279.632	973.574	
	24	3936.230	-2816.194	243.886	-640.652	6752.424	884.538	
24	24	3936.619	-2816.194	243.886	-640.652	6752.813	884.538	
	25	5282.563	-2812.717	292.070	-525.716	8095.280	817.787	
25	25	5282.890	-2812.717	292.070	-525.716	8095.607	817.787	
	26	5983.833	-2820.805	345.964	-424.755	8804.638	770.719	
26	26	5983.960	-2820.810	345.964	-424.755	8804.770	770.719	
	27	6033.213	-2833.847	416.339	-339.583	8867.060	755.923	
27	27	6033.213	-2833.886	416.731	-353.264	8867.099	769.994	
	28	5430.601	-2852.037	506.533	-274.648	8282.638	781.181	
28	28	5430.601	-2852.107	517.527	-299.226	8282.708	816.753	
	29	4182.961	-2882.072	612.563	-227.368	7065.033	839.932	
29	29	4182.961	-2882.150	632.354	-250.980	7065.111	883.334	
	30	2880.750	-3715.863	733.774	-187.371	6596.613	921.145	
30	30	2881.101	-3716.737	764.186	-207.736	6597.838	971.921	
	31	2278.308	-6156.639	874.063	-158.556	8434.947	1032.618	
31	31	2278.308	-6156.942	921.737	-208.588	8435.250	1130.325	
	32	2407.163	-8756.889	1005.045	-187.615	11164.052	1192.660	P3
32	32	2407.163	-8756.889	1005.045	-995.308	11164.052	2000.353	P3
	33	2207.791	-6193.597	225.084	-912.135	8401.388	1137.219	
33	33	2207.833	-6193.597	225.084	-912.135	8401.430	1137.219	
	34	2744.342	-3795.315	224.925	-754.291	6539.657	979.216	
34	34	2744.342	-3795.315	224.925	-754.291	6539.657	979.216	
	35	3986.080	-3032.520	265.873	-622.084	7018.600	887.957	
35	35	3986.382	-3032.520	265.873	-622.084	7018.902	887.957	
	36	5201.451	-3109.525	313.346	-507.126	8310.976	820.471	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
36	36	5201.722	-3109.525	313.346	-507.126	8311.247	820.471	
	37	5774.312	-3204.684	366.327	-405.793	8978.996	772.120	
37	37	5774.406	-3204.691	366.327	-405.793	8979.097	772.120	
	38	5696.652	-3305.034	433.365	-319.916	9001.686	753.281	
38	38	5696.652	-3305.060	433.365	-332.246	9001.712	765.611	
	39	4965.803	-3411.032	522.497	-253.308	8376.835	775.805	
39	39	4965.803	-3411.083	533.077	-277.155	8376.886	810.232	
	40	3586.905	-3546.961	627.849	-204.874	7133.866	832.723	
40	40	3586.905	-3547.373	647.743	-227.764	7134.278	875.508	
	41	2049.773	-4324.094	749.053	-163.698	6373.867	912.751	
41	41	2050.233	-4325.085	779.871	-182.169	6375.318	962.040	
	42	1190.596	-6785.010	889.864	-134.181	7975.606	1024.046	
42	42	1190.622	-6785.345	941.887	-193.291	7975.967	1135.178	
	43	1173.414	-9442.713	1025.296	-171.733	10616.127	1197.029	P4
43	43	1173.514	-9442.713	1025.296	-1043.443	10616.227	2068.739	P4
	44	1605.133	-5708.611	132.795	-928.779	7313.744	1061.574	
44	44	1605.376	-5708.611	132.795	-928.779	7313.987	1061.574	
	45	2882.707	-3490.202	124.147	-775.083	6372.909	899.230	
45	45	2882.707	-3490.202	124.147	-775.083	6372.909	899.230	
	46	4813.246	-2879.339	161.742	-645.821	7692.585	807.563	
46	46	4813.768	-2879.339	161.742	-645.821	7693.107	807.563	
	47	6279.452	-2473.341	206.027	-532.365	8752.793	738.392	
47	47	6279.822	-2473.341	206.027	-532.365	8753.163	738.392	
	48	7120.153	-2078.937	251.164	-428.826	9199.090	679.990	
48	48	7120.348	-2078.937	251.164	-428.826	9199.285	679.990	
	49	7316.701	-1687.874	300.265	-336.985	9004.575	637.251	
49	49	7316.701	-1687.874	300.265	-341.534	9004.575	641.800	
	50	6848.514	-1298.539	374.943	-258.151	8147.053	633.094	
50	50	6848.514	-1298.539	378.851	-283.972	8147.053	662.823	
	51	5695.195	-910.110	469.371	-203.233	6605.305	672.604	
51	51	5695.195	-910.110	483.903	-230.499	6605.305	714.402	
	52	3803.993	-520.071	585.441	-153.462	4324.064	738.902	
52	52	3803.993	-520.071	606.472	-165.761	4324.064	772.233	
	53	1054.705	-126.434	731.390	-92.505	1181.139	823.895	
53	53	1054.725	-126.581	774.924	-99.021	1181.306	873.945	
	54	0.269	-0.594	816.369	-87.750	0.862	904.119	P5

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	1.137	-1.359	103.470	-752.688	2.496	856.158	A1
	56	2604.306	-439.949	154.666	-624.007	3044.255	778.672	
55	56	2604.306	-440.164	154.789	-624.007	3044.470	778.796	
	57	4539.860	-929.771	236.437	-481.589	5469.631	718.025	
56	57	4539.860	-929.928	236.437	-481.589	5469.788	718.025	
	58	5663.507	-1422.490	303.470	-369.787	7085.997	673.257	
57	58	5663.507	-1422.492	303.470	-369.787	7085.999	673.257	
	59	6068.775	-1935.957	367.493	-277.300	8004.732	644.793	
58	59	6068.775	-1935.957	367.493	-293.215	8004.732	660.708	
	60	5785.178	-2493.726	454.375	-205.367	8278.904	659.742	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
59	60	5785.298	-2493.726	462.631	-238.860	8279.024	701.491	
	61	4837.207	-3061.017	561.265	-155.156	7898.224	716.422	
60	61	4837.501	-3061.017	581.232	-185.102	7898.518	766.334	
	62	3235.734	-3638.479	685.699	-110.625	6874.213	796.324	
61	62	3235.771	-3638.479	719.710	-131.335	6874.250	851.045	
	63	1785.411	-5270.437	832.028	-76.097	7055.848	908.125	
62	63	1785.441	-5270.437	891.077	-122.297	7055.878	1013.374	
	64	1314.905	-8705.524	1013.843	-83.305	10020.429	1097.148	P1
63	64	1314.924	-8705.524	1013.843	-1060.399	10020.448	2074.242	P1
	65	1262.441	-5981.599	189.126	-972.818	7244.040	1161.945	
64	65	1262.441	-5982.419	189.126	-972.818	7244.860	1161.945	
	66	2001.608	-3518.011	189.621	-792.897	5519.619	982.519	
65	66	2001.748	-3519.216	189.621	-792.897	5520.964	982.519	
	67	3426.645	-2642.978	236.363	-646.533	6069.623	882.896	
66	67	3426.645	-2643.166	236.363	-646.533	6069.811	882.896	
	68	4857.491	-2658.930	288.165	-524.461	7516.421	812.625	
67	68	4857.491	-2659.062	288.165	-524.461	7516.553	812.625	
	69	5634.953	-2711.974	344.902	-420.745	8346.927	765.647	
68	69	5634.953	-2712.050	344.902	-422.961	8347.003	767.863	
	70	5759.664	-2814.882	417.164	-334.434	8574.546	751.598	
69	70	5759.809	-2814.882	417.164	-349.657	8574.691	766.821	
	71	5231.122	-2959.760	508.871	-267.477	8190.882	776.348	
70	71	5231.487	-2959.760	518.304	-292.722	8191.247	811.027	
	72	4049.979	-3199.846	618.060	-217.744	7249.825	835.804	
71	72	4050.444	-3199.846	640.335	-240.953	7250.290	881.288	
	73	2702.038	-4067.511	747.107	-174.931	6769.549	922.037	
72	73	2702.038	-4067.511	785.392	-192.387	6769.549	977.778	
	74	1985.431	-6476.755	901.288	-141.777	8462.186	1043.065	
73	74	1985.523	-6476.755	962.756	-185.112	8462.278	1147.868	
	75	2035.222	-9169.075	1050.644	-164.545	11204.297	1215.189	P2
74	75	2035.222	-9169.075	1050.644	-1072.017	11204.297	2122.661	P2
	76	1948.472	-6396.122	194.365	-984.168	8344.594	1178.533	
75	76	1948.472	-6396.986	194.365	-984.168	8345.458	1178.533	
	77	2621.568	-3866.528	201.608	-806.565	6488.096	1008.173	
76	77	2621.728	-3867.699	201.608	-806.565	6489.427	1008.173	
	78	3992.676	-2954.684	249.544	-661.505	6947.360	911.048	
77	78	3992.676	-2955.096	249.544	-661.505	6947.772	911.048	
	79	5346.804	-2847.862	301.108	-539.442	8194.666	840.550	
78	79	5346.804	-2847.951	301.108	-539.442	8194.755	840.550	
	80	6048.451	-2820.226	357.801	-435.815	8868.677	793.615	
79	80	6048.451	-2820.324	357.801	-438.034	8868.775	795.835	
	81	6097.067	-2833.231	430.198	-349.504	8930.298	779.702	
80	81	6097.185	-2833.231	430.198	-365.140	8930.416	795.339	
	82	5492.632	-2888.522	521.923	-282.990	8381.154	804.914	
81	82	5492.952	-2888.522	531.343	-308.362	8381.474	839.705	
	83	4236.018	-3022.377	631.071	-233.411	7258.395	864.482	
82	83	4236.450	-3022.377	653.360	-256.815	7258.827	910.175	
	84	2907.759	-3901.991	760.072	-190.727	6809.750	950.799	
83	84	2907.759	-3901.991	798.429	-208.753	6809.750	1007.182	
	85	2277.149	-6383.511	914.417	-157.930	8660.660	1072.347	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
84	85	2277.264	-6383.511	975.934	-201.101	8660.775	1177.035	
	86	2409.332	-9119.175	1063.944	-180.726	11528.507	1244.670	P3
85	86	2409.397	-9119.200	1063.944	-1053.903	11528.597	2117.847	P3
	87	2208.553	-6441.928	217.594	-966.028	8650.481	1183.622	
86	87	2208.553	-6442.812	217.594	-966.028	8651.365	1183.622	
	88	2772.320	-3985.948	225.645	-788.356	6758.268	1014.000	
87	88	2772.475	-3987.044	225.645	-788.356	6759.519	1014.000	
	89	4041.680	-3166.383	271.446	-643.142	7208.063	914.588	
88	89	4041.680	-3166.606	271.446	-643.142	7208.286	914.588	
	90	5266.709	-3133.729	322.170	-521.002	8400.438	843.172	
89	90	5266.709	-3133.847	322.170	-521.002	8400.556	843.172	
	91	5841.587	-3203.535	377.897	-416.944	9045.122	794.841	
90	91	5841.587	-3203.602	377.897	-418.683	9045.189	796.580	
	92	5764.740	-3303.560	447.086	-329.954	9068.300	777.040	
91	92	5764.893	-3303.560	447.086	-344.271	9068.453	791.357	
	93	5033.491	-3461.856	537.770	-261.784	8495.347	799.554	
92	93	5033.835	-3461.856	546.943	-286.309	8495.691	833.253	
	94	3645.701	-3690.286	646.405	-210.912	7335.987	857.317	
93	94	3646.134	-3690.286	669.239	-233.409	7336.420	902.648	
	95	2079.906	-4543.449	775.844	-166.891	6623.355	942.734	
94	95	2079.906	-4543.449	815.673	-182.923	6623.355	998.595	
	96	1196.325	-7063.534	931.782	-132.978	8259.859	1064.759	
95	96	1196.379	-7063.534	998.686	-183.672	8259.913	1182.358	
	97	1181.059	-9865.621	1086.793	-162.866	11046.680	1249.659	P4
96	97	1181.059	-9865.621	1086.793	-1098.882	11046.680	2185.675	P4
	98	1623.259	-5880.217	123.757	-977.379	7503.476	1101.136	
97	98	1623.259	-5881.343	123.757	-977.379	7504.602	1101.136	
	99	2922.975	-3657.284	124.123	-804.143	6580.259	928.265	
98	99	2923.046	-3658.560	124.123	-804.143	6581.606	928.265	
	100	4871.356	-3007.755	169.311	-663.755	7879.111	833.067	
99	100	4871.356	-3008.073	169.311	-663.755	7879.429	833.067	
	101	6337.673	-2546.578	216.379	-544.490	8884.251	760.869	
100	101	6337.673	-2546.825	216.379	-544.490	8884.498	760.869	
	102	7172.920	-2073.042	263.407	-439.070	9245.962	702.477	
101	102	7172.920	-2073.188	263.407	-439.070	9246.108	702.477	
	103	7364.626	-1680.489	313.685	-347.046	9045.115	660.731	
102	103	7364.791	-1680.554	313.685	-355.311	9045.345	668.996	
	104	6893.313	-1285.988	389.697	-268.278	8179.301	657.975	
103	104	6893.739	-1285.997	389.697	-295.471	8179.736	685.168	
	105	5737.193	-893.050	484.125	-211.530	6630.243	695.655	
104	105	5737.794	-893.050	493.609	-239.131	6630.844	732.740	
	106	3840.534	-503.973	600.340	-158.796	4344.507	759.137	
105	106	3841.193	-503.973	617.185	-168.430	4345.166	785.615	
	107	1067.403	-116.203	749.229	-91.856	1183.606	841.085	
106	107	1067.814	-116.203	791.942	-93.328	1184.017	885.269	
	108	0.430	-0.811	836.043	-81.203	1.241	917.246	P5

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	673.710	1799.494	750.377	1258.833	51.002	4533.415	절점 52 에서 4.75 M
G2	648.815	1720.639	602.484	1300.217	49.203	4321.358	절점 106 에서 4.71 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	343.964	911.798	368.084	723.204	27.828	2374.878	절점 52 에서 4.75 M
G2	342.640	908.638	330.866	740.594	27.708	2350.446	절점 106 에서 4.71 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	50.718	107.361	259.574	813.228	3.720	1234.601	절점 52 에서 4.75 M
G2	57.942	249.369	153.793	871.851	3.847	1336.802	절점 106 에서 4.71 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	2855.245	7503.322	3024.570	5046.880	270.561	18700.578	절점 51 에서 1.89 M
G2	2815.200	7372.327	2706.387	5090.534	266.971	18251.418	절점 105 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	204.261	523.068	203.827	519.385	27.738	1478.280	절점 51 에서 1.89 M
G2	206.235	526.444	203.138	530.953	27.855	1494.625	절점 105 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	44.688	99.952	183.577	810.079	3.201	1141.496	절점 51 에서 1.89 M
G2	51.548	188.833	169.741	846.231	3.427	1259.780	절점 105 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	3891.573	10103.272	4052.052	7240.372	567.960	25855.229	절점 49 에서 1.26 M
G2	3838.182	9930.076	3751.219	7364.791	598.330	25482.598	절점 103 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	-8.038	-24.552	-8.811	-353.549	-27.733	-422.683	절점 49 에서 1.26 M
G2	-41.574	-116.461	-42.979	-354.119	-27.842	-582.974	절점 103 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	7.321	5.417	31.983	481.912	3.757	530.390	절점 49 에서 1.26 M
G2	10.920	35.307	65.361	478.185	3.703	593.476	절점 103 에서 0.00 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	1814.201	4652.473	2016.932	5590.179	950.898	15024.683	절점 46 에서 2.52 M
G2	1802.932	4598.541	1824.742	5650.934	948.946	14826.095	절점 100 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	-288.745	-749.921	-285.650	-577.829	-27.260	-1929.405	절점 46 에서 2.52 M
G2	-288.586	-748.626	-271.913	-592.212	-28.361	-1929.697	절점 100 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	-47.150	-141.918	-152.210	-702.098	-9.947	-1053.324	절점 46 에서 2.52 M
G2	-42.365	-123.216	-150.988	-728.628	-9.585	-1054.783	절점 100 에서 2.51 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	-2067.420	-5512.062	-1898.219	-4139.755	-859.970	-14477.425	절점 40 에서 4.42 M
G2	-2057.970	-5492.893	-1812.746	-4353.313	-877.544	-14594.466	절점 94 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	387.750	956.763	382.487	735.816	60.444	2523.260	절점 40 에서 4.42 M
G2	387.811	955.853	334.560	761.947	63.816	2503.987	절점 94 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	16.308	54.473	143.331	736.483	5.165	955.760	절점 40 에서 4.42 M
G2	13.134	66.875	79.433	785.572	4.732	949.746	절점 94 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	-4371.479	-11102.470	-4184.872	-6407.328	-1157.348	-27223.496	절점 41 에서 4.42 M
G2	-4348.302	-11005.737	-3694.841	-6678.423	-1205.616	-26932.918	절점 95 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	518.697	1222.284	502.739	875.594	58.686	3178.000	절점 41 에서 4.42 M
G2	518.956	1216.293	412.890	916.757	65.689	3130.585	절점 95 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	5.866	17.367	110.865	845.138	3.354	982.590	절점 41 에서 4.42 M
G2	3.526	44.754	46.459	872.448	2.654	969.840	절점 95 에서 4.39 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	-6795.135	-16702.910	-6553.493	-9442.713	-1392.762	-40887.013	절점 43 에서 0.00 M
G2	-6758.113	-16502.432	-5498.020	-9865.621	-1486.585	-40110.771	절점 97 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	-711.177	-1650.045	-684.246	-1043.443	-22.573	-4111.483	절점 43 에서 0.00 M
G2	-712.843	-1641.882	-550.085	-1098.882	-33.165	-4036.857	절점 97 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	-36.950	-102.512	-149.520	-952.056	-10.147	-1251.186	절점 43 에서 0.00 M
G2	-34.999	-130.447	-70.657	-990.977	-9.543	-1236.623	절점 97 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	-5050.459	-12700.041	-4853.230	-7211.891	-1229.796	-31045.417	절점 42 에서 0.63 M
G2	-5023.349	-12576.550	-4217.302	-7508.092	-1289.589	-30614.882	절점 96 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	562.062	1316.816	559.237	956.431	56.118	3450.664	절점 42 에서 0.63 M
G2	563.542	1299.141	423.576	1014.084	68.359	3368.701	절점 96 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	-8.066	-25.439	-21.266	-913.915	-5.646	-974.332	절점 42 에서 0.63 M
G2	-15.332	-46.216	3.297	-968.558	-6.196	-1033.006	절점 96 에서 0.63 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	-2582.169	-6784.081	-2413.318	-4563.685	-935.122	-17278.374	절점 41 에서 0.63 M
G2	-2569.581	-6748.764	-2246.741	-4788.721	-958.653	-17312.460	절점 95 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	427.952	1058.564	432.944	792.974	58.686	2771.120	절점 41 에서 0.63 M
G2	428.860	1048.319	357.466	829.541	65.689	2729.875	절점 95 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	5.866	10.138	42.778	859.886	3.354	922.022	절점 41 에서 0.63 M
G2	3.526	18.941	84.340	850.152	2.654	959.612	절점 95 에서 0.63 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	1846.772	4454.669	1936.283	5695.760	301.301	14234.785	절점 15 에서 3.79 M
G2	1831.202	4386.372	1698.725	5765.598	299.590	13981.487	절점 69 에서 3.76 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	17.709	39.280	18.304	380.706	66.821	522.821	절점 15 에서 3.79 M
G2	17.531	40.606	13.418	393.640	67.034	532.230	절점 69 에서 3.76 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-1.180	-2.214	22.513	-471.560	-3.591	-456.032	절점 15 에서 3.79 M
G2	-0.341	9.215	-13.636	457.327	3.303	455.867	절점 69 에서 3.76 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	2088.949	5401.024	2258.877	6055.605	297.948	16102.403	절점 26 에서 3.79 M
G2	2073.133	5331.315	2021.073	6122.071	296.258	15843.850	절점 80 에서 3.76 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	12.300	33.972	16.052	393.801	69.936	526.061	절점 26 에서 3.79 M
G2	12.134	35.363	11.255	406.650	70.186	535.587	절점 80 에서 3.76 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-1.017	0.136	21.845	-470.587	-3.327	-452.949	절점 26 에서 3.79 M
G2	-0.919	6.552	-13.437	457.153	3.346	452.695	절점 80 에서 3.76 M

12. 단면 - 12

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	571.249	1528.125	640.147	1077.139	42.634	3859.294	절점 53 에서 0.00 M
G2	547.309	1451.757	504.425	1114.317	40.870	3658.678	절점 107 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	365.483	976.503	408.668	774.924	28.186	2553.764	절점 53 에서 0.00 M
G2	352.564	932.389	324.261	791.942	27.292	2428.447	절점 107 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	50.718	107.940	265.021	812.018	3.720	1239.416	절점 53 에서 0.00 M
G2	57.942	251.434	150.762	872.342	3.847	1336.327	절점 107 에서 0.00 M

13. 단면 - 13

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-3429.099	-8857.171	-3262.388	-5369.884	-1046.234	-21964.776	절점 41 에서 2.52 M
G2	-3411.897	-8789.541	-2941.851	-5618.481	-1082.134	-21843.904	절점 95 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	472.002	1140.424	467.842	833.314	58.686	2972.267	절점 41 에서 2.52 M
G2	472.594	1132.306	385.178	872.192	65.689	2927.959	절점 95 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	5.866	13.752	76.822	852.512	3.354	952.306	절점 41 에서 2.52 M
G2	3.526	31.848	65.400	851.097	2.654	954.523	절점 95 에서 2.51 M

16. 단면 - 16

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	881.189	1994.814	966.014	4625.989	777.165	9245.171	절점 17 에서 2.52 M
G2	871.798	1948.583	799.757	4688.944	778.139	9087.221	절점 71 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	198.916	505.588	199.989	550.083	66.290	1520.867	절점 17 에서 2.52 M
G2	199.128	504.778	184.086	566.332	67.668	1521.992	절점 71 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	18.571	51.870	100.895	614.586	5.941	791.864	절점 17 에서 2.52 M
G2	17.028	62.338	92.095	648.938	5.685	826.084	절점 71 에서 2.51 M

18. 현장이음 - 1

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2448.393	6416.811	2608.922	4977.396	423.006	16874.528	절점 3 에서 1.89 M
G2	2416.962	6304.795	2294.492	5075.620	418.687	16510.555	절점 57 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	-100.413	-254.092	-100.934	-442.621	-36.736	-934.795	절점 3 에서 1.89 M
G2	-101.772	-258.402	-100.362	-459.579	-36.839	-956.954	절점 57 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	-16.253	-38.546	-103.249	-555.912	-3.804	-717.763	절점 3 에서 1.89 M
G2	-18.781	-82.566	-71.780	-564.741	-3.686	-741.553	절점 57 에서 1.88 M

19. 현장이음 - 2

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1941.882	5069.049	2114.572	5628.368	931.589	15685.458	절점 6 에서 0.63 M
G2	1926.294	4998.069	1885.246	5687.550	927.570	15424.729	절점 60 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	179.640	471.013	177.549	460.891	36.211	1325.303	절점 6 에서 0.63 M
G2	179.671	467.462	170.610	474.212	37.423	1329.377	절점 60 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	27.283	81.438	62.598	546.327	8.722	726.368	절점 6 에서 0.63 M
G2	23.341	56.100	114.152	557.978	8.339	759.910	절점 60 에서 0.63 M

20. 현장이음 - 3

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2542.295	-6246.114	-2364.126	-4747.260	-1418.620	-17318.414	절점 8 에서 4.42 M
G2	-2525.820	-6184.733	-2051.544	-4982.033	-1459.074	-17203.203	절점 62 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	477.893	1159.174	470.231	783.554	33.707	2924.559	절점 8 에서 4.42 M
G2	477.961	1154.719	397.504	817.492	40.027	2887.702	절점 62 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	32.477	100.067	153.301	795.949	11.234	1093.029	절점 8 에서 4.42 M
G2	28.644	106.763	91.325	814.452	10.626	1051.810	절점 62 에서 4.39 M

21. 현장이음 - 4

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2782.504	-7074.810	-2671.868	-4695.198	-1263.591	-18487.970	절점 11 에서 1.89 M
G2	-2766.704	-7010.106	-2335.731	-4901.627	-1306.318	-18320.485	절점 65 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	-463.644	-1091.113	-450.250	-826.855	-63.238	-2895.099	절점 11 에서 1.89 M
G2	-463.740	-1083.273	-370.243	-864.157	-70.801	-2852.214	절점 65 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	-16.444	-41.176	-104.904	-835.841	-4.084	-1002.450	절점 11 에서 1.89 M
G2	-14.096	-62.341	-76.427	-837.995	-3.634	-994.492	절점 65 에서 1.88 M

22. 현장이음 - 5

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1341.373	3127.278	1426.298	4902.716	530.292	11327.957	절점 14 에서 0.63 M
G2	1329.311	3067.433	1219.737	4972.642	529.018	11118.140	절점 68 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	-139.148	-357.483	-141.059	-487.790	-66.681	-1192.161	절점 14 에서 0.63 M
G2	-138.967	-359.505	-128.596	-502.481	-67.170	-1196.720	절점 68 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	-11.514	-38.917	-89.864	-478.244	-4.637	-623.175	절점 14 에서 0.63 M
G2	-10.351	-46.505	-34.846	-533.043	-4.636	-629.381	절점 68 에서 0.63 M

23. 현장이음 - 6

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1405.983	3339.822	1495.296	5249.523	568.036	12058.659	절점 16 에서 4.42 M
G2	1393.582	3279.406	1289.395	5315.497	566.723	11844.602	절점 70 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	129.840	326.867	131.112	481.506	66.694	1136.019	절점 16 에서 4.42 M
G2	129.650	328.767	118.503	496.443	67.158	1140.521	절점 70 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	9.950	31.451	90.463	474.738	4.587	611.189	절점 16 에서 4.42 M
G2	9.216	46.947	32.363	532.636	4.450	625.612	절점 70 에서 4.39 M

24. 현장이음 - 7

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2586.137	-6430.369	-2458.191	-5199.708	-1474.633	-18149.038	절점 19 에서 3.16 M
G2	-2576.067	-6378.754	-2133.042	-5411.273	-1512.480	-18011.615	절점 73 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	453.915	1059.170	439.034	818.404	63.586	2834.108	절점 19 에서 3.16 M
G2	454.729	1053.097	361.178	856.620	70.474	2796.097	절점 73 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	17.113	38.165	112.446	840.081	5.667	1013.471	절점 19 에서 3.16 M
G2	17.399	78.178	79.619	853.033	4.857	1033.085	절점 73 에서 3.13 M

25. 현장이음 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2545.077	-6239.249	-2393.033	-5085.083	-1456.014	-17718.455	절점 22 에서 1.89 M
G2	-2532.649	-6181.323	-2066.173	-5291.042	-1497.234	-17568.420	절점 76 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	-461.826	-1095.273	-451.297	-840.043	-66.508	-2914.946	절점 22 에서 1.89 M
G2	-462.488	-1088.926	-373.369	-877.830	-73.821	-2876.434	절점 76 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	-21.433	-54.815	-117.548	-845.006	-5.625	-1044.427	절점 22 에서 1.89 M
G2	-21.022	-91.775	-84.697	-857.043	-5.091	-1059.627	절점 76 에서 1.88 M

26. 현장이음 - 9

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1559.773	4030.111	1730.373	5387.581	560.038	13267.875	절점 25 에서 0.63 M
G2	1547.790	3970.207	1524.466	5452.526	558.813	13053.801	절점 79 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	-139.562	-362.783	-143.315	-502.734	-69.795	-1218.189	절점 25 에서 0.63 M
G2	-139.362	-364.632	-130.760	-517.526	-70.324	-1222.604	절점 79 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	-12.614	-40.905	-92.602	-479.160	-4.580	-629.861	절점 25 에서 0.63 M
G2	-11.756	-53.638	-35.733	-535.878	-4.546	-641.551	절점 79 에서 0.63 M

27. 현장이음 - 10

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1688.821	4316.430	1830.662	5523.019	547.034	13905.965	절점 27 에서 4.42 M
G2	1675.984	4254.614	1624.013	5586.545	545.867	13687.022	절점 81 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	120.975	321.544	128.871	494.654	69.808	1135.851	절점 27 에서 4.42 M
G2	120.764	323.369	116.322	509.500	70.311	1140.265	절점 81 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	10.809	36.868	91.081	477.198	4.586	620.542	절점 27 에서 4.42 M
G2	10.168	50.087	34.319	534.029	4.543	633.146	절점 81 에서 4.39 M

28. 현장이음 - 11

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2157.448	-5379.080	-2091.478	-5083.070	-1412.184	-16123.259	절점 30 에서 3.16 M
G2	-2147.617	-5327.251	-1768.153	-5294.742	-1451.815	-15989.578	절점 84 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	443.181	1053.875	436.731	831.616	66.615	2832.019	절점 30 에서 3.16 M
G2	443.830	1047.553	359.015	869.694	73.709	2793.800	절점 84 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	22.887	57.998	118.803	848.296	5.459	1053.443	절점 30 에서 3.16 M
G2	23.183	96.734	86.628	860.605	4.833	1071.983	절점 84 에서 3.13 M

29. 현장이음 - 12

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2294.422	-5764.491	-2223.780	-5136.125	-1455.245	-16874.061	절점 33 에서 1.89 M
G2	-2285.142	-5714.142	-1900.841	-5340.690	-1494.889	-16735.703	절점 87 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	-417.969	-982.893	-412.366	-821.674	-58.675	-2693.578	절점 33 에서 1.89 M
G2	-418.451	-976.112	-334.514	-859.566	-65.739	-2654.382	절점 87 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	-11.567	-25.850	-106.894	-844.153	-6.330	-994.793	절점 33 에서 1.89 M
G2	-12.150	-66.485	-74.422	-856.697	-5.545	-1015.299	절점 87 에서 1.88 M

30. 현장이음 - 13

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1201.331	2944.336	1359.719	5290.317	615.973	11411.675	절점 36 에서 0.63 M
G2	1189.934	2886.549	1153.981	5356.566	614.735	11201.764	절점 90 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	-95.687	-250.371	-104.489	-483.874	-61.861	-996.281	절점 36 에서 0.63 M
G2	-95.497	-252.223	-91.834	-498.763	-62.351	-1000.668	절점 90 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	-5.030	-19.739	-84.557	-476.732	-4.879	-590.937	절점 36 에서 0.63 M
G2	-4.869	-36.449	-27.078	-533.919	-4.737	-607.053	절점 90 에서 0.63 M

31. 현장이음 - 14

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	721.380	1670.578	920.086	5074.303	430.298	8816.646	절점 38 에서 4.42 M
G2	713.149	1620.521	717.705	5143.314	429.499	8624.187	절점 92 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	164.811	433.818	167.847	510.658	61.876	1339.010	절점 38 에서 4.42 M
G2	164.670	435.910	155.085	525.388	62.335	1343.388	절점 92 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	12.309	41.971	92.039	481.680	4.650	632.648	절점 38 에서 4.42 M
G2	10.283	47.311	36.184	535.994	4.606	634.378	절점 92 에서 4.39 M

32. 현장이음 - 15

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3736.640	-9594.124	-3564.988	-5699.765	-1083.272	-23678.788	절점 41 에서 3.16 M
G2	-3717.540	-9516.579	-3188.989	-5955.896	-1123.295	-23502.298	절점 95 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	487.390	1167.711	479.474	847.318	58.686	3040.580	절점 41 에서 3.16 M
G2	487.873	1160.302	394.415	886.963	65.689	2995.241	절점 95 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	5.866	14.957	88.170	850.054	3.354	962.401	절점 41 에서 3.16 M
G2	3.526	36.150	59.086	855.815	2.654	957.230	절점 95 에서 3.13 M

33. 현장이음 - 16

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2521.691	-6389.212	-2314.645	-4698.029	-1231.643	-17155.219	절점 44 에서 1.89 M
G2	-2503.608	-6326.165	-2055.108	-4881.411	-1262.515	-17028.806	절점 98 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	-524.451	-1301.669	-522.267	-839.808	-24.941	-3213.136	절점 44 에서 1.89 M
G2	-525.213	-1296.592	-450.612	-872.512	-30.765	-3175.693	절점 98 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	-52.412	-152.760	-178.540	-913.610	-12.184	-1309.505	절점 44 에서 1.89 M
G2	-47.535	-150.328	-151.343	-936.331	-11.811	-1297.349	절점 98 에서 1.88 M

34. 현장이음 - 17

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1989.241	5108.577	2189.883	5770.094	933.693	15991.487	절점 46 에서 3.16 M
G2	1976.638	5050.040	1989.317	5830.524	931.177	15777.694	절점 100 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	-277.350	-722.632	-274.016	-566.186	-27.260	-1867.443	절점 46 에서 3.16 M
G2	-277.274	-720.633	-262.676	-580.003	-28.361	-1868.947	절점 100 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	-47.150	-140.713	-140.861	-704.619	-9.947	-1043.291	절점 46 에서 3.16 M
G2	-42.365	-118.914	-157.301	-727.841	-9.585	-1056.007	절점 100 에서 3.13 M

35. 현장이음 - 18

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3644.130	9434.355	3813.896	7234.817	690.397	24817.595	절점 48 에서 1.89 M
G2	3617.561	9337.342	3541.362	7288.350	685.488	24470.102	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	-97.542	-256.676	-95.226	-400.716	-27.721	-877.881	절점 48 에서 1.89 M
G2	-97.057	-256.418	-89.158	-416.650	-27.842	-887.125	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	-14.124	-51.364	-36.209	-449.584	-4.168	-555.448	절점 48 에서 1.89 M
G2	-10.894	-22.885	-27.375	-468.932	-4.072	-534.158	절점 102 에서 1.88 M

36. 현장이음 - 19

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3099.410	8129.177	3267.188	5485.398	305.577	20286.749	절점 51 에서 0.63 M
G2	3060.138	7996.918	2949.358	5529.064	301.875	19837.352	절점 105 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	182.480	468.488	180.559	495.451	27.738	1354.717	절점 51 에서 0.63 M
G2	184.614	470.459	184.666	505.776	27.855	1373.369	절점 105 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	44.688	97.542	160.878	815.120	3.201	1121.429	절점 51 에서 0.63 M
G2	51.548	180.230	182.367	844.870	3.427	1262.442	절점 105 에서 0.63 M

4.4 사. 반력 집계

A. G1 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	508.802	-41.018	37.487	-37.487	2160.080	1535.287	163
G2	315.447	823.446	264.590	14.608	-20.303	36.237	-36.237	1454.328	1346.944	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	549.453	-50.979	88.437	-88.437	5993.620	5216.314	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	28.716	-34.338	119.426	-119.426	5156.981	4855.076	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	549.352	-52.707	122.302	-122.302	5830.669	4984.007	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	30.047	-35.435	152.257	-152.257	5007.361	4637.364	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	549.395	-60.539	117.513	-117.513	5612.573	4767.611	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	31.955	-43.512	147.385	-147.385	4789.358	4419.120	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	551.371	-48.382	75.739	-75.739	6463.670	5712.439	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	43.798	-31.578	104.417	-104.417	5624.747	5340.537	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	515.918	-34.147	28.864	-28.864	2502.096	1894.303	168
G2	377.015	972.705	311.622	12.881	-19.365	26.813	-26.813	1701.036	1615.164	174

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	751.267	-68.691	37.487	-37.487	2402.545	1507.614	163
G2	315.447	823.446	264.590	185.585	-42.776	36.237	-36.237	1625.305	1324.471	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	808.868	-86.275	88.437	-88.437	6253.035	5181.018	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	227.395	-69.065	119.426	-119.426	5355.660	4820.349	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	808.404	-89.346	122.302	-122.302	6089.720	4947.367	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	228.771	-71.142	152.257	-152.257	5206.084	4601.657	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	808.503	-103.780	117.513	-117.513	5871.680	4724.371	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	230.818	-85.756	147.385	-147.385	4988.221	4376.876	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	813.004	-81.467	75.739	-75.739	6725.303	5679.354	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	247.944	-64.060	104.417	-104.417	5828.893	5308.055	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	760.831	-56.821	28.864	-28.864	2747.009	1871.630	168
G2	377.015	972.705	311.622	185.769	-32.084	26.813	-26.813	1873.925	1602.445	174

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	707.133	-82.379	37.487	-37.487	2358.411	1493.925	163
G2	315.447	823.446	264.590	558.196	-67.691	36.237	-36.237	1997.917	1299.556	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	769.248	-105.071	88.437	-88.437	6213.415	5162.222	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	629.942	-103.805	119.426	-119.426	5758.207	4785.609	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	767.203	-109.065	122.302	-122.302	6048.520	4927.649	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	630.939	-106.721	152.257	-152.257	5608.252	4566.079	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	768.587	-128.593	117.513	-117.513	5831.765	4699.557	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	632.814	-125.950	147.385	-147.385	5390.217	4336.683	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	785.118	-98.525	75.739	-75.739	6697.417	5662.296	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	649.672	-97.202	104.417	-104.417	6230.621	5274.913	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	716.185	-67.542	28.864	-28.864	2702.363	1860.909	168
G2	377.015	972.705	311.622	562.119	-52.194	26.813	-26.813	2250.275	1582.335	174

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	531.590	-57.669	37.487	-37.487	2182.869	1518.636	163
G2	315.447	823.446	264.590	18.544	-35.605	36.237	-36.237	1458.264	1331.642	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	1131.799	-72.622	88.437	-88.437	6575.966	5194.670	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	68.207	-50.690	119.426	-119.426	5196.472	4838.724	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	1152.953	-115.430	122.302	-122.302	6434.270	4921.283	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	78.695	-75.040	152.257	-152.257	5056.008	4597.759	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	1150.124	-133.975	117.513	-117.513	6213.301	4694.175	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	76.876	-91.781	147.385	-147.385	4834.279	4370.851	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	1198.271	-67.547	75.739	-75.739	7110.570	5693.274	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	83.839	-45.572	104.417	-104.417	5664.788	5326.543	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	584.531	-47.757	28.864	-28.864	2570.710	1880.694	168
G2	377.015	972.705	311.622	16.396	-39.677	26.813	-26.813	1704.552	1594.852	174

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	786.556	-96.581	37.487	-37.487	2437.834	1479.724	163
G2	315.447	823.446	264.590	197.499	-61.191	36.237	-36.237	1637.219	1306.056	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	1676.491	-122.938	88.437	-88.437	7120.658	5144.355	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	500.833	-99.060	119.426	-119.426	5629.098	4790.354	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	1710.898	-194.097	122.302	-122.302	6992.215	4842.617	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	523.803	-149.847	152.257	-152.257	5501.117	4522.952	171

< 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	1183.080	2622.750	1139.834	1705.846	-227.064	117.513	-117.513	6769.023	4601.087	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	519.973	-180.964	147.385	-147.385	5277.376	4281.668	172

< 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	1366.002	3136.214	1334.344	1777.855	-113.647	75.739	-75.739	7690.154	5647.174	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	546.223	-89.436	104.417	-104.417	6127.172	5282.679	173

< 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	408.589	1076.387	472.339	861.659	-79.592	28.864	-28.864	2847.837	1848.859	168
G2	377.015	972.705	311.622	204.417	-53.209	26.813	-26.813	1892.572	1581.320	174

c. 3차선 재하

< A1 >

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	333.940	889.818	390.033	750.908	-115.449	37.487	-37.487	2402.186	1460.855	163
G2	315.447	823.446	264.590	576.538	-95.690	36.237	-36.237	2016.259	1271.557	169

< 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	1267.950	2863.376	1224.404	1613.491	-149.544	88.437	-88.437	7057.658	5117.749	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	1319.231	-148.319	119.426	-119.426	6447.496	4741.095	170

< 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	1237.551	2740.197	1181.267	1651.708	-233.402	122.302	-122.302	6933.025	4803.311	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	1357.487	-227.891	152.257	-152.257	6334.801	4444.908	171

< 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	1183.080	2622.750	1139.834	1645.599	-276.350	117.513	-117.513	6708.776	4551.801	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	1351.827	-270.693	147.385	-147.385	6109.230	4191.939	172

< 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	1366.002	3136.214	1334.344	1719.548	-136.971	75.739	-75.739	7631.847	5623.850	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	1411.437	-135.554	104.417	-104.417	6992.386	5236.561	173

< 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	408.589	1076.387	472.339	817.291	-94.324	28.864	-28.864	2803.470	1834.127	168
G2	377.015	972.705	311.622	617.126	-80.038	26.813	-26.813	2305.282	1554.491	174

B. G2 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

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	333.940	889.818	390.033	13.718	-26.307	37.487	-37.487	1664.996	1549.997	163
G2	315.447	823.446	264.590	519.993	-36.090	36.237	-36.237	1959.714	1331.157	169

< 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	1267.950	2863.376	1224.404	16.827	-32.329	88.437	-88.437	5460.994	5234.964	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	566.014	-50.900	119.426	-119.426	5694.279	4838.514	170

< 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	1237.551	2740.197	1181.267	19.311	-32.432	122.302	-122.302	5300.628	5004.281	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	566.059	-52.161	152.257	-152.257	5543.373	4620.638	171

< 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	1183.080	2622.750	1139.834	16.264	-39.782	117.513	-117.513	5079.441	4788.368	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	566.103	-59.418	147.385	-147.385	5323.506	4403.214	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	21.258	-33.186	75.739	-75.739	5933.557	5727.635	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	567.873	-48.445	104.417	-104.417	6148.822	5323.670	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	12.165	-28.498	28.864	-28.864	1998.343	1899.953	168
G2	377.015	972.705	311.622	527.472	-28.975	26.813	-26.813	2215.628	1605.555	174

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	156.163	-48.469	37.487	-37.487	1807.442	1527.835	163
G2	315.447	823.446	264.590	790.037	-62.019	36.237	-36.237	2229.758	1305.228	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	183.028	-64.040	88.437	-88.437	5627.196	5203.253	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	860.593	-89.634	119.426	-119.426	5988.859	4799.780	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	182.747	-66.810	122.302	-122.302	5464.064	4969.904	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	860.464	-91.930	152.257	-152.257	5837.777	4580.869	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	185.260	-81.316	117.513	-117.513	5248.438	4746.834	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	860.535	-105.732	147.385	-147.385	5617.938	4356.901	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	204.431	-59.102	75.739	-75.739	6116.730	5701.719	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	863.876	-84.903	104.417	-104.417	6444.825	5287.212	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	154.985	-38.921	28.864	-28.864	2141.164	1889.530	168
G2	377.015	972.705	311.622	799.312	-49.228	26.813	-26.813	2487.468	1585.302	174

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	513.598	-75.805	37.487	-37.487	2164.877	1500.500	163
G2	315.447	823.446	264.590	757.959	-73.767	36.237	-36.237	2197.679	1293.480	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	565.937	-97.822	88.437	-88.437	6010.104	5169.471	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	835.579	-110.310	119.426	-119.426	5963.845	4779.104	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	565.373	-101.702	122.302	-122.302	5846.689	4935.012	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	835.101	-113.299	152.257	-152.257	5812.414	4559.501	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	567.661	-121.149	117.513	-117.513	5630.839	4707.002	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	836.173	-132.365	147.385	-147.385	5593.577	4330.267	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	586.454	-91.231	75.739	-75.739	6498.754	5669.590	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	850.177	-103.795	104.417	-104.417	6431.126	5268.320	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	516.226	-61.738	28.864	-28.864	2502.405	1866.713	168
G2	377.015	972.705	311.622	766.976	-57.605	26.813	-26.813	2455.132	1576.925	174

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	17.832	-49.040	37.487	-37.487	1669.110	1527.264	163
G2	315.447	823.446	264.590	533.519	-49.852	36.237	-36.237	1973.240	1317.395	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	28.689	-67.625	88.437	-88.437	5472.856	5199.668	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	1158.955	-71.654	119.426	-119.426	6287.220	4817.760	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	35.897	-87.966	122.302	-122.302	5317.213	4948.747	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	1181.626	-112.833	152.257	-152.257	6158.940	4559.967	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	32.149	-102.753	117.513	-117.513	5095.326	4725.397	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	1178.995	-130.609	147.385	-147.385	5936.398	4332.023	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	38.056	-65.718	75.739	-75.739	5950.355	5695.103	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	1226.716	-66.918	104.417	-104.417	6807.665	5305.197	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	15.819	-52.063	28.864	-28.864	2001.997	1876.388	168
G2	377.015	972.705	311.622	583.172	-39.793	26.813	-26.813	2271.327	1594.736	174

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	180.646	-68.360	37.487	-37.487	1831.924	1507.944	163
G2	315.447	823.446	264.590	810.388	-86.684	36.237	-36.237	2250.109	1280.563	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	403.935	-92.005	88.437	-88.437	5848.102	5175.288	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	1775.471	-127.556	119.426	-119.426	6903.736	4761.858	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	423.505	-140.282	122.302	-122.302	5704.822	4896.432	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	1813.012	-199.609	152.257	-152.257	6790.326	4473.190	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	419.808	-170.373	117.513	-117.513	5482.986	4657.778	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	1808.147	-232.543	147.385	-147.385	6565.550	4230.089	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	444.013	-82.612	75.739	-75.739	6356.312	5678.209	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	1881.685	-118.347	104.417	-104.417	7462.634	5253.768	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	186.902	-56.332	28.864	-28.864	2173.081	1872.119	168
G2	377.015	972.705	311.622	880.180	-68.552	26.813	-26.813	2568.336	1565.978	174

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	333.940	889.818	390.033	548.360	-106.714	37.487	-37.487	2199.639	1469.590	163
G2	315.447	823.446	264.590	780.908	-102.694	36.237	-36.237	2220.628	1264.553	169

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1267.950	2863.376	1224.404	1183.007	-139.927	88.437	-88.437	6627.174	5127.366	164
G2	1269.989	2823.664	915.187	1747.064	-156.698	119.426	-119.426	6875.329	4732.716	170

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1237.551	2740.197	1181.267	1216.653	-216.891	122.302	-122.302	6497.970	4819.823	165
G2	1242.275	2706.053	876.728	1789.954	-242.387	152.257	-152.257	6767.268	4430.412	171

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1183.080	2622.750	1139.834	1211.049	-258.781	117.513	-117.513	6274.226	4569.370	166
G2	1187.060	2587.133	835.825	1783.907	-285.794	147.385	-147.385	6541.310	4176.838	172

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1366.002	3136.214	1334.344	1267.852	-127.327	75.739	-75.739	7180.151	5633.494	167
G2	1370.563	3100.231	1005.738	1859.981	-144.108	104.417	-104.417	7440.930	5228.007	173

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	408.589	1076.387	472.339	590.466	-88.054	28.864	-28.864	2576.644	1840.397	168
G2	377.015	972.705	311.622	840.603	-79.893	26.813	-26.813	2528.759	1554.637	174

C. 최대 반력 집계

< A1 >

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	333.940	889.818	390.033	786.556	-115.449	37.487	-37.487	2437.834	1460.855	163	3000
G2	315.447	823.446	264.590	810.388	-102.694	36.237	-36.237	2250.109	1264.553	169	3000

< P1 >

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	1267.950	2863.376	1224.404	1676.491	-149.544	88.437	-88.437	7120.658	5117.749	164	7500
G2	1269.989	2823.664	915.187	1775.471	-156.698	119.426	-119.426	6903.736	4732.716	170	7500

< P2 >

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	1237.551	2740.197	1181.267	1710.898	-233.402	122.302	-122.302	6992.215	4803.311	165	7000
G2	1242.275	2706.053	876.728	1813.012	-242.387	152.257	-152.257	6790.326	4430.412	171	7000

< P3 >

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	1183.080	2622.750	1139.834	1705.846	-276.350	117.513	-117.513	6769.023	4551.801	166	7000
G2	1187.060	2587.133	835.825	1808.147	-285.794	147.385	-147.385	6565.550	4176.838	172	7000

< P4 >

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	1366.002	3136.214	1334.344	1777.855	-136.971	75.739	-75.739	7690.154	5623.850	167	8000
G2	1370.563	3100.231	1005.738	1881.685	-144.108	104.417	-104.417	7462.634	5228.007	173	8000

< P5 >

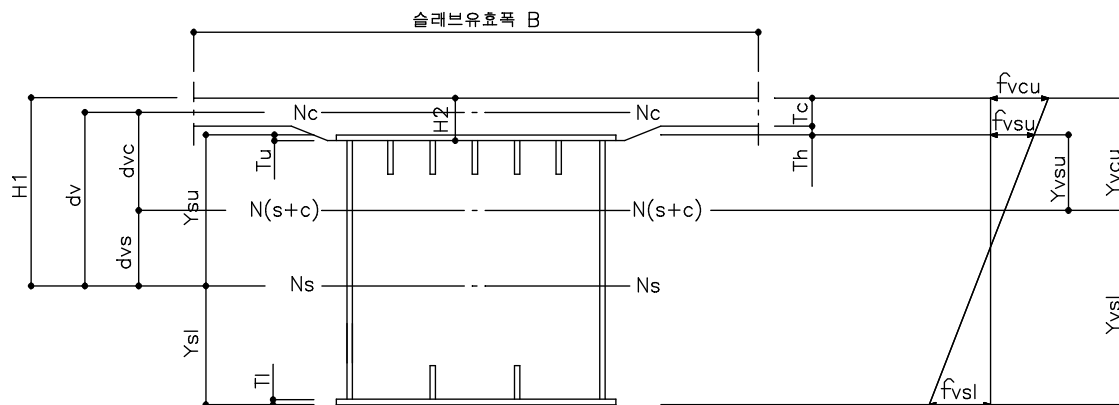
위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	408.589	1076.387	472.339	861.659	-94.324	28.864	-28.864	2847.837	1834.127	168	3500
G2	377.015	972.705	311.622	880.180	-80.038	26.813	-26.813	2568.336	1554.491	174	3500

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	1106.0	37161600	41100729600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1025.0	15067500	15444187500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2200.0	26400	0.0	0	0	10648000000
1 - R_WEB	12.0	2200.0	26400	0.0	0	0	10648000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1025.0	-6457500	6618937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1106.0	-37161600	41100729600	403200
강단면 합계			141000		8610000	1.04265E+11	21336181400
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897.47	1275.0	1885594277	2404132702920	7702591000

* As = 141000 mm² , Ac = 1478897.47 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 104264584200 + 21336181400.0 = 125600765600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 8610000 / 141000 = 61.064 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 125600765600 - 141000 \times 61.064^2 = 125075006026 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2200.0 / 2 + 12.0 - 61.064 = 1050.936 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1050.936 - 2224.000 = -1173.064 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5777744.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 20.781 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -23.196 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 24.923 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 325862.2 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 962823875 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1213.9 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 525.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 688.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 650.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 400.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 362.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1861.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 243913705523 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5818556.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.250 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.154 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.114 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -5.727 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.830 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.436 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.269 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 1.945 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -9.998 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.074 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 233431.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 733.3 \text{ mm} \quad K = 0.955 \\
ds1 &= dv - dc1 = 480.7 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 858.3 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 608.3 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 570.3 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1653.7 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 207831855100 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 298726 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 298726 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 219042598 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.250 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.154 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.116 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.036 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.854 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -0.385 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 202620.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 844.8 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 369.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 969.8 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 719.8 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 681.8 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1542.2 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 188586735101.7 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 2951487694 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.040 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.196 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 27.433 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -5.807 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2446975499 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.434 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.734 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 17.767 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = -3.541 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 53.828 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	20.781	-23.196	177.975	190.000
1+2+3	0.687	0.423	10.800	10.800	23.841	-38.921	177.975	190.000
1+2+3+4	0.570	0.387	10.800	10.800	25.695	-39.306	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.470	-0.809	1.890	1.890	53.128	-45.113	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.904	-1.542	2.174	2.174	70.895	-48.654	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	-0.035	-0.075	2.174	2.174	35.361	-41.572	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{70.895}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{53.828}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.094 + 0.239 = 0.333 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-45.113}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.828}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.056 + 0.239 = 0.296 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 8.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/20.781)} = 3.024 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 2.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/70.895)} = 1.637 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.250 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 0.687 - 0.25 = 0.436 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.25 + 2.15 \times 0.436 + (-0.116) + (-1.04) + (0.434) \\ = 0.542 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.25 + 2.15 \times 0.436 + (0.434) \\ = 1.698 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 20.781 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.114 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 23.841 - 20.781 - 1.114 = 1.945 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (20.781 + 1.114) + 2.15 \times 1.945 + (1.854) + (27.433) + (17.767) \\ = 79.700 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (20.781 + 1.114) + 2.15 \times 1.945 + (17.767) \\ = 50.413 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -23.196 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -5.727 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -38.921 - -23.196 - -5.727 = -9.998 \text{ MPa}$$

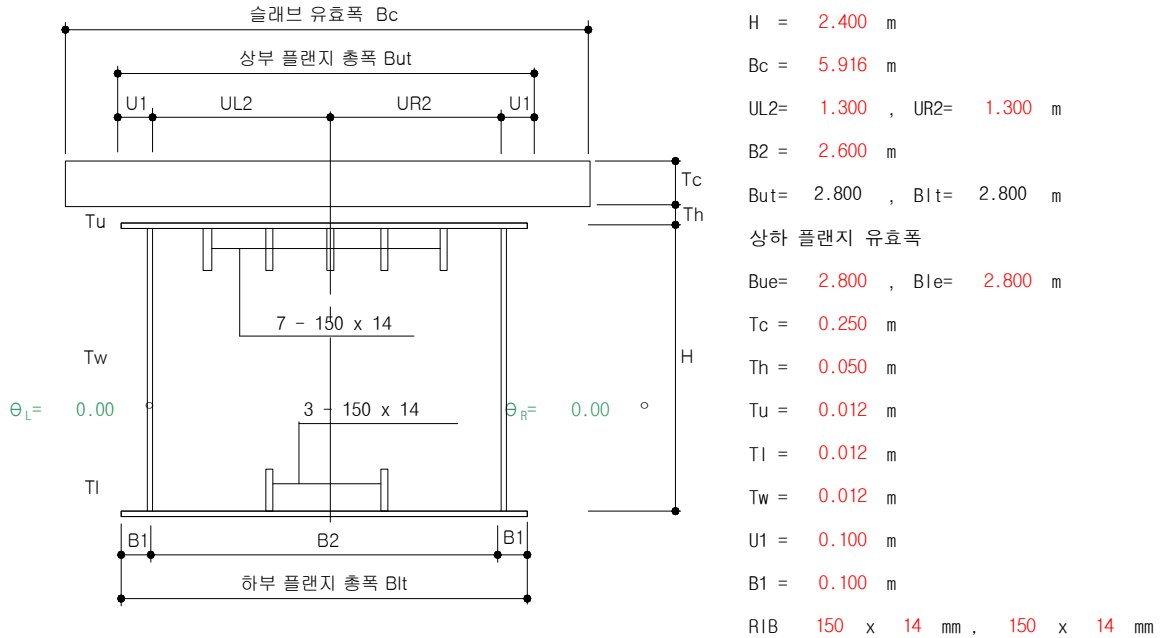
$$\Sigma f = 1.3 \times (-23.196 + -5.727) + 2.15 \times -9.998 + (-0.385) + (-5.807) + (-3.541) \\ = -68.828 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-23.196 + -5.727) + 2.15 \times -9.998 + (-3.541) \\ = -62.636 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 2 > : 절점 2 로 부터 이격 거리 4.418 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 선팅창계수		0.000012
φ2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	7740.737
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2287.028
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4704.850
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-564.075
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-159.808
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-527.059
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-86.335
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-102.690
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-692.823

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

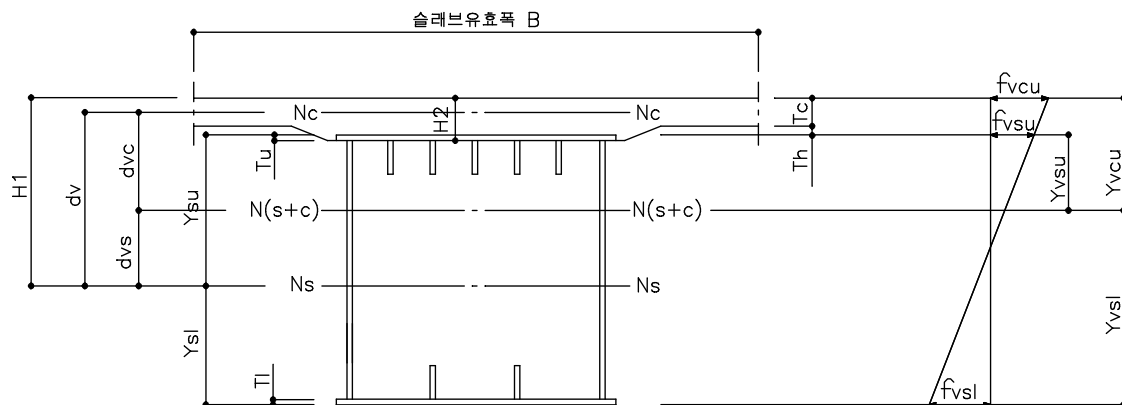
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897.47	1375.0	2033484024	2796040533000	7702591000

* As = 145800 mm² , Ac = 1478897.47 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 58.656 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -65.284 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 10.364 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 330662.2 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 962823875 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 577.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 732.5 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 702.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 452.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 414.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2009.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 292276870662 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.687 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.443 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.245 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -15.722 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 3.449 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.414 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.911 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 6.676 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -32.344 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 13.703 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 238231.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 801.8 \text{ mm} \quad K = 0.746 \\
ds1 &= dv - dc1 = 508.3 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 926.8 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 676.8 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 638.8 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1785.2 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 248978528294 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 835662 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 835662 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 670073531 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.687 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.443 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.352 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.139 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 4.790 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -0.076 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 207420.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 921.0 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 389.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1046.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 796.0 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 758.0 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1666.0 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 226065687196.9 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3217717688 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.198 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.308 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 24.893 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -0.846 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2691251586 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.636 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.850 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.937 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 0.286 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 27.516 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$

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	58.656	-65.284	177.975	190.000
1+2+3	2.101	1.354	10.800	10.800	68.577	-113.351	177.975	190.000
1+2+3+4	1.749	1.215	10.800	10.800	73.367	-113.427	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.552	-0.093	10.800	1.890	98.260	-114.273	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.084	-0.944	2.174	2.174	115.197	-113.986	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.187	0.757	12.420	12.420	81.323	-114.559	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{115.197}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{27.516}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.248 + 0.063 = 0.310 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-114.273}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{27.516}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.362 + 0.063 = 0.424 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/58.656)} = 1.800 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/115.197)} = 1.284 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.687 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.101 - 0.687 = 1.414 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.687 + 2.15 \times 1.414 + (-0.352) + (-1.198) + (0.636) \\ = 3.019 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.687 + 2.15 \times 1.414 + (0.636) \\ = 4.569 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 58.656 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.245 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 68.577 - 58.656 - 3.245 = 6.676 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.656 + 3.245) + 2.15 \times 6.676 + (4.79) + (24.893) + (16.937) \\ = 141.444 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.656 + 3.245) + 2.15 \times 6.676 + (16.937) \\ = 111.761 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -65.284 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -15.722 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -113.351 - -65.284 - -15.722 = -32.344 \text{ MPa}$$

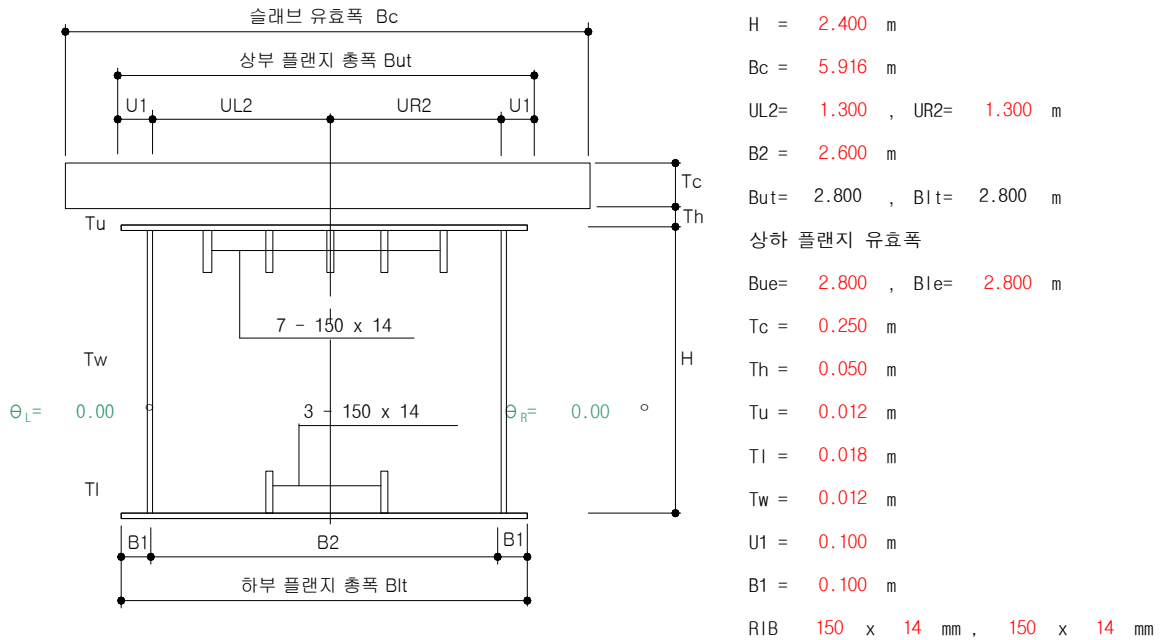
$$\Sigma f = 1.3 \times (-65.284 + -15.722) + 2.15 \times -32.344 + (-0.076) + (-0.846) + (-0.286) \\ = -176.057 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-65.284 + -15.722) + 2.15 \times -32.344 + (-0.286) \\ = -175.135 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 3 > : 절점 49 로 부터 이격 거리 1.262 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 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	13994.845
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4052.052
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	7808.332
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-32.590
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-8.811
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-381.282
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	12.738
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	31.983
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	485.669

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

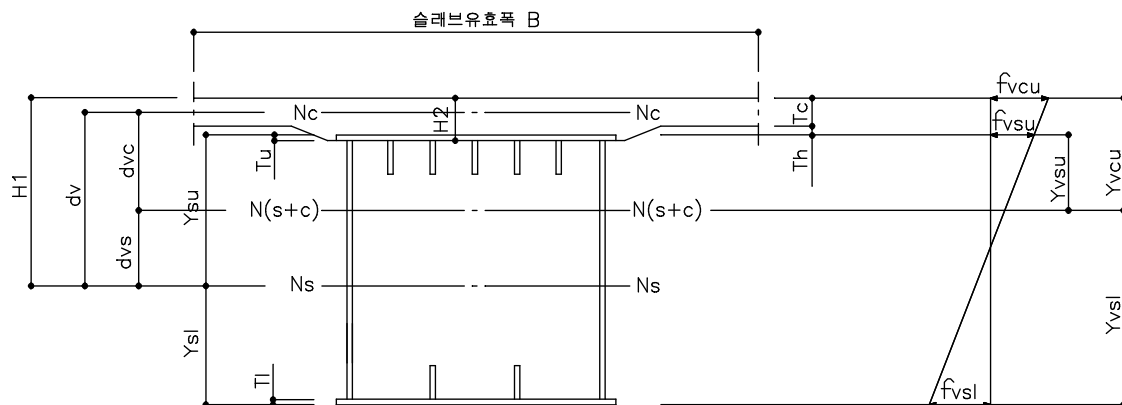
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897.47	1375.0	2033484024	2796040533000	7702591000

* As = 162600 mm² , Ac = 1478897.47 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 101.696 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -91.456 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 0.650 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 347462.2 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 962823875 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 675.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 767.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 800.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 550.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 512.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 357016492460 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.135 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.780 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 5.811 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -21.769 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.363 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 2.187 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.504 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 11.198 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -41.949 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.807 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 255031.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 919.6 \text{ mm} \quad K = 0.491 \\
ds1 &= dv - dc1 = 522.8 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1044.6 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 794.6 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 756.6 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1673.4 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 299157776303 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1416246 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1416246 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 1302437424 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.135 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.780 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.648 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.327 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 7.171 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.976 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 224220.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1046.0 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 396.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1171.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 921.0 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 883.0 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1547.0 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 269359184308.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3654647472 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.388 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.458 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 21.465 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 5.277 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3144506096 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.892 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.027 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.621 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 5.113 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 10.820 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	101.696	-91.456	177.975	190.000
1+2+3	3.322	2.284	10.800	10.800	118.705	-155.173	177.975	190.000
1+2+3+4	2.674	1.957	10.800	10.800	125.876	-153.197	204.671	190.000
1+2+3+4+5	1.286	0.499	10.800	10.800	147.341	-147.920	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	0.394	-0.527	12.420	2.174	162.962	-142.808	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	2.177	1.526	12.420	12.420	131.719	-153.033	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{147.341}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{10.820}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.518 + 0.010 = 0.528 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-155.173}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{10.820}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.667 + 0.010 = 0.677 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/101.696)} = 1.367 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.080) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/162.962)} = 1.080 < 1.2 \Rightarrow 1.080$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.135 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.322 - 1.135 = 2.187 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.135 + 2.15 \times 2.187 + (-0.648) + (-1.388) + (0.892)$$

$$= 5.033 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.135 + 2.15 \times 2.187 + (0.892)$$

$$= 7.069 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 101.696 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.811 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 118.705 - 101.696 - 5.811 = 11.198 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (101.696 + 5.811) + 2.15 \times 11.198 + (7.171) + (21.465) + (15.621)$$

$$= 208.092 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (101.696 + 5.811) + 2.15 \times 11.198 + (15.621)$$

$$= 179.457 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -91.456 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -21.769 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -155.173 - -91.456 - -21.769 = -41.948 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-91.456 + -21.769) + 2.15 \times -41.948 + (1.976) + (5.277) + (-5.113)$$

$$= -235.241 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-91.456 + -21.769) + 2.15 \times -41.948 + (-5.113)$$

$$= -242.494 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	6466.674
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2016.932
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6541.077
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1038.666
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-285.650
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-605.088
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-189.068
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-152.210
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-712.045

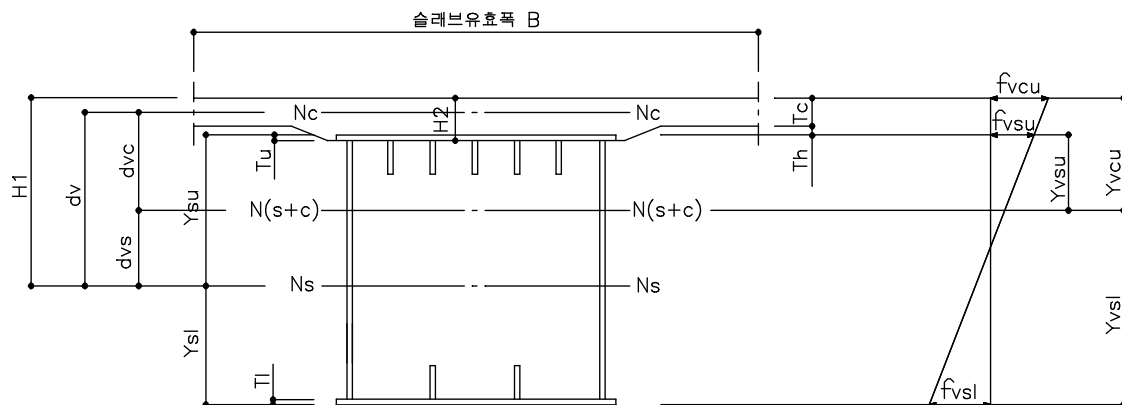
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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			171000		-20412000	1.59747E+11	27704889000
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897.47	1375.0	2033484024	2796040533000	7702591000

* As = 171000 mm² , Ac = 1478897.47 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 159747147000 + 27704889000.0 = 187452036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -20412000 / 171000 = -119.368 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 187452036000 - 171000 \times (-119.368)^2 = 185015487789 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-119.368) = 1331.368 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1331.368 - 2430.000 = -1098.632 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 46.534 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -38.399 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 19.281 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 355862.2 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 962823875 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1494.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 718.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 776.3 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 843.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 593.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 555.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1874.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 384349097224 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.553 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.389 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.913 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -9.839 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.958 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.794 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.262 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.447 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -31.909 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 15.178 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 263431.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 970.0 \text{ mm} \quad K = 0.145 \\
ds1 &= dv - dc1 = 524.3 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1095.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 845.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 807.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1623.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 319483857104 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 696603 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 696603 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 675728416 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.553 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.389 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.367 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.208 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.892 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.147 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 232620.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1098.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 395.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1223.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 973.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 935.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1494.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 286492019123.8 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3838090979 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.638 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.658 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 16.837 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 12.117 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3345188325 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.231 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.270 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.791 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 10.725 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 40.418 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	46.534	-38.399	177.975	190.000
1+2+3	2.347	1.651	10.800	10.800	58.894	-80.147	177.975	190.000
1+2+3+4	1.980	1.443	10.800	10.800	61.785	-78.000	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.342	-0.215	10.800	1.890	78.622	-65.884	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.889	-1.485	2.174	2.174	92.414	-55.159	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.573	1.055	12.420	12.420	64.831	-76.608	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{92.414}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{40.418}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.160 + 0.135 = 0.295 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-80.147}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{40.418}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.178 + 0.135 = 0.313 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/46.534)} = 2.021 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/92.414)} = 1.434 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.553 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.347 - 0.553 = 1.794 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.553 + 2.15 \times 1.794 + (-0.367) + (-1.638) + (1.231) \\ = 3.801 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.553 + 2.15 \times 1.794 + (1.231) \\ = 5.806 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 46.534 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.913 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 58.894 - 46.534 - 2.913 = 9.447 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (46.534 + 2.913) + 2.15 \times 9.447 + (2.892) + (16.837) + (13.791) \\ = 118.112 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (46.534 + 2.913) + 2.15 \times 9.447 + (13.791) \\ = 98.383 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -38.399 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.839 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -80.147 - -38.399 - -9.839 = -31.909 \text{ MPa}$$

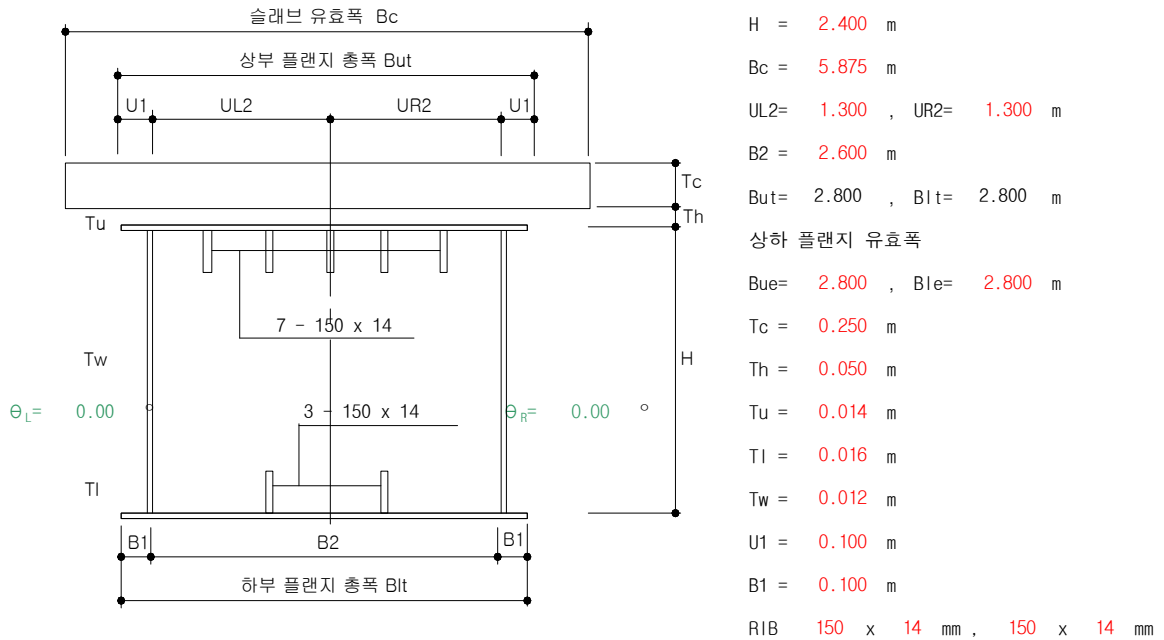
$$\Sigma f = 1.3 \times (-38.399 + -9.839) + 2.15 \times -31.909 + (2.147) + (12.117) + (-10.725) \\ = -127.775 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-38.399 + -9.839) + 2.15 \times -31.909 + (-10.725) \\ = -142.038 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 10 > : 절점 15 로 부터 이격 거리 3.787 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 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	6301.441
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1936.283
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	5997.061
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	56.989
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	18.304
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	447.527
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-3.394
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	22.513
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-475.151

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

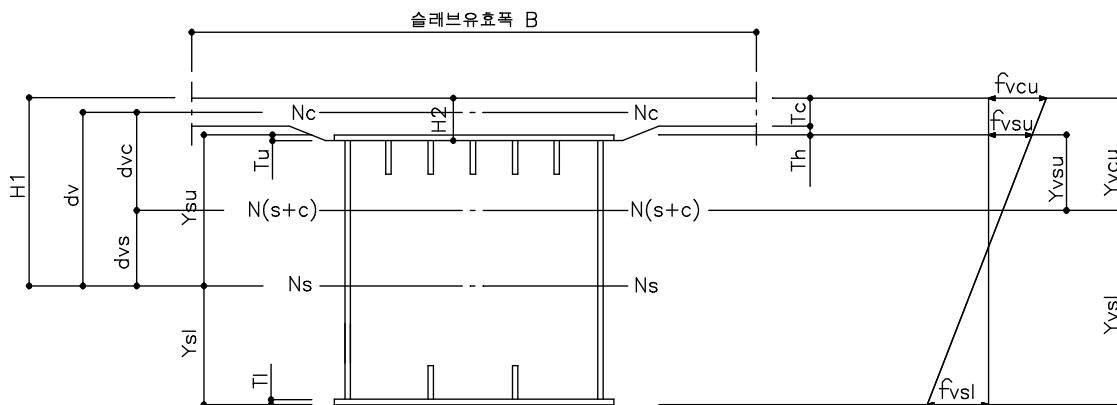
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			162600		2646000	1.49062E+11	27688971000
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

* As = 162600 mm² , Ac = 1468870.19 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149061633000 + 27688971000.0 = 176750604000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 2646000 / 162600 = 16.273 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176750604000 - 162600 \times 16.273^2 = 176707545476 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 14.0 - 16.273 = 1197.727 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1197.727 - 2430.000 = -1232.273 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 42.711 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -43.943 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 1.012 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 346208.8 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 956295698 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1358.7 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 638.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 720.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 763.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 513.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 477.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1952.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 336862818315 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.548 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.369 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.743 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -11.225 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.466 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.698 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.142 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.494 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -34.766 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 10.888 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 254404.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 868.4 \text{ mm} \quad K = -0.100 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.3 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 993.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 743.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 707.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1722.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 285509459573 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 673479 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 673479 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 584860071 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.548 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.369 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.396 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.213 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.502 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 3.000 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 223802.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 987.2 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.6 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1112.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 862.2 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 826.2 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1603.8 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 259116513927.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3425643810 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.778 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.764 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.413 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 17.626 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2952627282 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.413 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.386 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.946 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 15.076 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 12.070 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 193.1$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 408.237 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 14.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$

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

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	42.711	-43.943	190.000	190.000
1+2+3	2.247	1.511	10.800	10.800	53.948	-89.934	190.000	190.000
1+2+3+4	1.851	1.298	10.800	10.800	56.451	-86.934	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.073	-0.466	10.800	1.890	70.864	-69.308	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.340	-1.852	2.174	2.174	83.810	-54.232	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.486	0.920	12.420	12.420	57.918	-84.385	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{83.810}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{12.070}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.115 + 0.012 = 0.127 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-89.934}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{12.070}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.224 + 0.012 = 0.236 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/42.711)} = 2.109 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/83.81)} = 1.506 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.548 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.247 - 0.548 = 1.698 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.548 + 2.15 \times 1.698 + (-0.396) + (-1.778) + (1.413) \\ = 3.604 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.548 + 2.15 \times 1.698 + (1.413) \\ = 5.777 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 42.711 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.743 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 53.948 - 42.711 - 2.743 = 8.495 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (42.711 + 2.743) + 2.15 \times 8.495 + (2.502) + (14.413) + (12.946) \\ = 107.215 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (42.711 + 2.743) + 2.15 \times 8.495 + (12.946) \\ = 90.299 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -43.943 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -11.225 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -89.934 - (-43.943) - (-11.225) = -34.766 \text{ MPa}$$

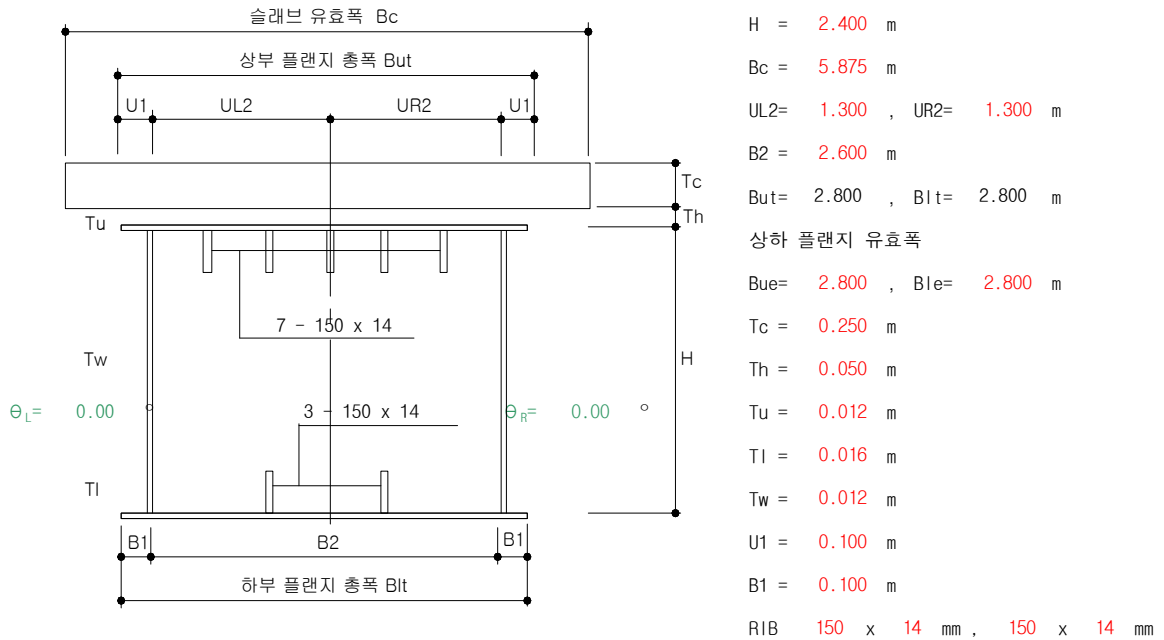
$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.943 + -11.225) + 2.15 \times -34.766 + (3) + (17.626) + (-15.076) \\ = -140.916 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.943 + -11.225) + 2.15 \times -34.766 + (-15.076) \\ = -161.542 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 11 > : 절점 26 로 부터 이격 거리 3.787 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 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	7489.973
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2258.877
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6353.553
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	46.272
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	16.052
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	463.737
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.881
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	21.845
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-473.914

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

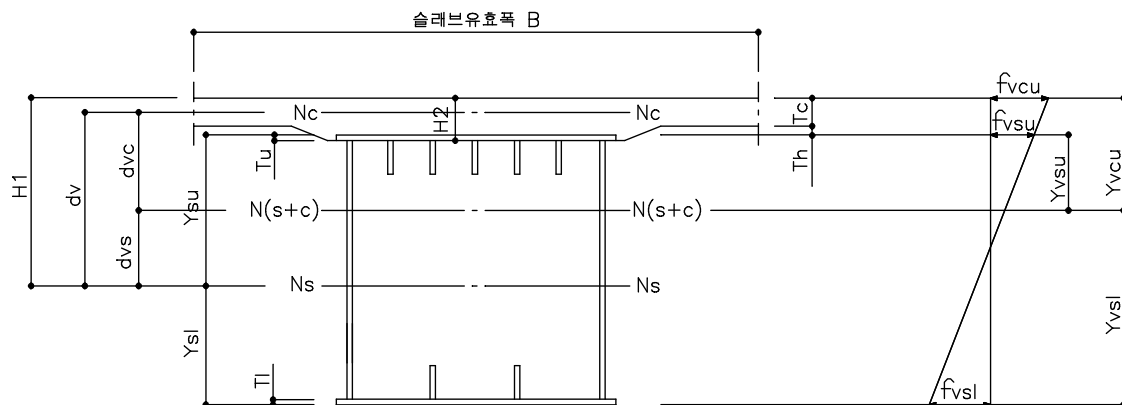
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

* As = 157000 mm² , Ac = 1468870.19 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 55.081 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -52.909 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 0.809 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 340608.8 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 956295698 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 646.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 755.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 771.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 521.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 483.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1945.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 335572381589 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.649 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.438 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.251 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -13.093 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.422 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.825 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.233 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.144 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -36.826 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.163 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 248804.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 884.3 \text{ mm} \quad K = 0.061 \\
ds1 &= dv - dc1 = 517.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1009.3 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 759.3 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 721.3 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1706.7 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 282652022334 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 798380 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 798380 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 706020589 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.649 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.438 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.439 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.231 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.319 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.949 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 218202.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1008.3 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 393.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1133.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 883.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 845.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1582.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 255205689034.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3499132443 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.660 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.669 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 16.611 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 14.580 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2988848169 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.250 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.267 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.847 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.528 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 12.107 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	55.081	-52.909	177.975	190.000
1+2+3	2.473	1.671	10.800	10.800	67.476	-102.828	177.975	190.000
1+2+3+4	2.035	1.441	10.800	10.800	70.795	-99.879	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.374	-0.228	10.800	1.890	87.405	-85.300	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.875	-1.495	2.174	2.174	101.252	-72.772	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.624	1.038	12.420	12.420	73.559	-97.827	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.252}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{12.107}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.192 + 0.012 = 0.204 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-102.828}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{12.107}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.293 + 0.012 = 0.305 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/55.081)} = 1.857 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/101.252)} = 1.370 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.649 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.473 - 0.649 = 1.825 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.649 + 2.15 \times 1.825 + (-0.439) + (-1.66) + (1.25) \\ = 3.917 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.649 + 2.15 \times 1.825 + (1.25) \\ = 6.016 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 55.081 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.251 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 67.476 - 55.081 - 3.251 = 9.144 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (55.081 + 3.251) + 2.15 \times 9.144 + (3.319) + (16.611) + (13.847) \\ = 129.267 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (55.081 + 3.251) + 2.15 \times 9.144 + (13.847) \\ = 109.338 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -52.909 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -13.093 \text{ MPa}$$

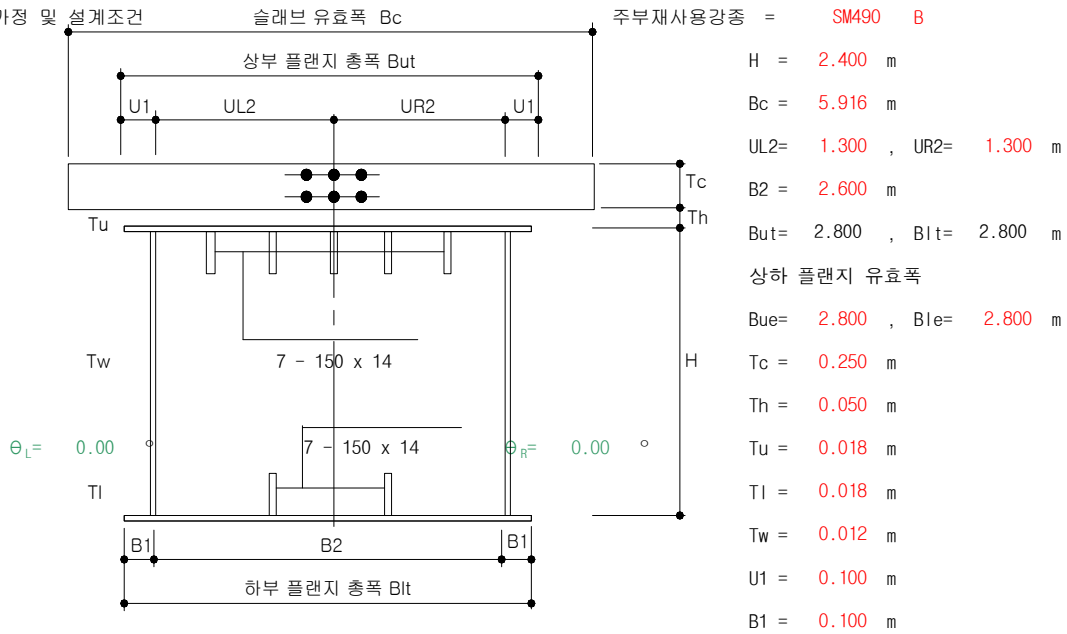
$$\text{합성후 활하중 응력} = -102.828 - (-52.909) - (-13.093) = -36.826 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.909 + -13.093) + 2.15 \times -36.826 + (2.949) + (14.58) + (-12.528) \\ = -159.978 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.909 + -13.093) + 2.15 \times -36.826 + (-12.528) \\ = -177.507 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 5 > : 절점 94 로 부터 이격 거리 4.386 m

1) 단면가정 및 설계조건



H = 2.400 m
Bc = 5.916 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , B1t= 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
φ2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-7550.863
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1812.746
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5230.857
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1343.664
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	334.560
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	825.764
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	80.009
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	79.433
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	790.304
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

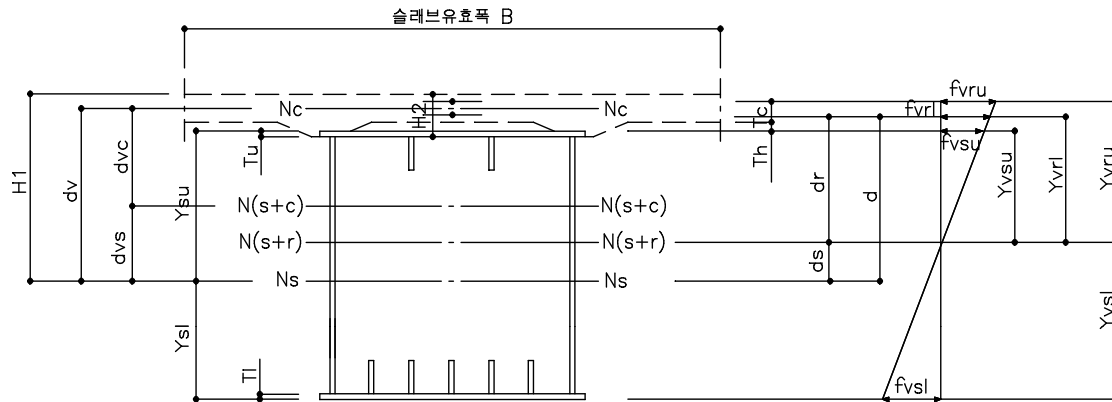
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2800.0	18.0	50400	1209.00	60933600	73668722400	1360800
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.00	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			187800		0	184546819800	27705846600
UPPER RE-BAR	-	-	22899	1440.00	32974920	47483884800	-
LOWER RE-BAR	-	-	22899	1290.00	29540033	38106641925	-
RE-BAR 합계			45799		62514953	85590526725	-
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897	1375.00	2033484024	2796040533000	7702591000

* As = 187800 mm² , Ac = 1478897 mm² , Ar = 45799 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 184546819800 + 27705846600 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 187800 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 212252666400 - 187800 \times 0.000^2 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 18.0 - 0.000 = 1218.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1218.000 - 2436.000 = -1218.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6315816.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -43.330 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 43.330 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 23.855 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 233599 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1097.383 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 267.617 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1172.383 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1022.383 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 950.383 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1485.617 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 280855506438 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6356628.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -7.567 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -6.599 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -6.134 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 9.589 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.329 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -21.835 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -19.042 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -17.701 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.669 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.516 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 372662.184 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 692.920 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 682.080 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 280231.092 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 921.472 \text{ mm} \quad K = -0.232 \\
ds1 &= dv - dc1 = 453.528 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 389345654080.9 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -596393 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -596393 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -549559389 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.021 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.089 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.122 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.227 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 249420.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1035.299 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 339.701 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3617225863 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 11.454 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 11.902 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.117 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.396 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3227985548 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \varepsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t = -8.384 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t = -7.984 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.408 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 23.904 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 49.701 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 213.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 674.840 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-43.330	43.330	190.000	190.000
1+2+3	-29.402	-25.640	160.000	-67.165	80.588	190.000	190.000
1+2+3+4	-31.423	-27.729	160.000	-69.287	77.361	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-19.969	-15.827	160.000	-57.169	96.757	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-28.353	-23.811	184.000	-39.761	120.660	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-11.586	-7.844	184.000	-74.578	72.853	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-69.287}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{49.701}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.133 + 0.204 = 0.337 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{120.660}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{49.701}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.305 + 0.204 = 0.509 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/43.33)} = 2.094 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/120.66)} = 1.255 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.567 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -29.402 - 7.567 = -21.835 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.567 + 2.15 \times -21.835 + (-2.021) + (11.454) + (-8.384) \\ = -55.734 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.567 + 2.15 \times -21.835 + (-8.384) \\ = -65.167 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -43.330 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.134 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -67.165 - 43.33 - 6.134 = -17.701 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.33 + -6.134) + 2.15 \times -17.701 + (-2.122) + (12.117) + (-17.408) \\ = -109.773 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.33 + -6.134) + 2.15 \times -17.701 + (-17.408) \\ = -119.768 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 43.330 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 9.589 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 80.588 - 43.33 - 9.589 = 27.669 \text{ MPa}$$

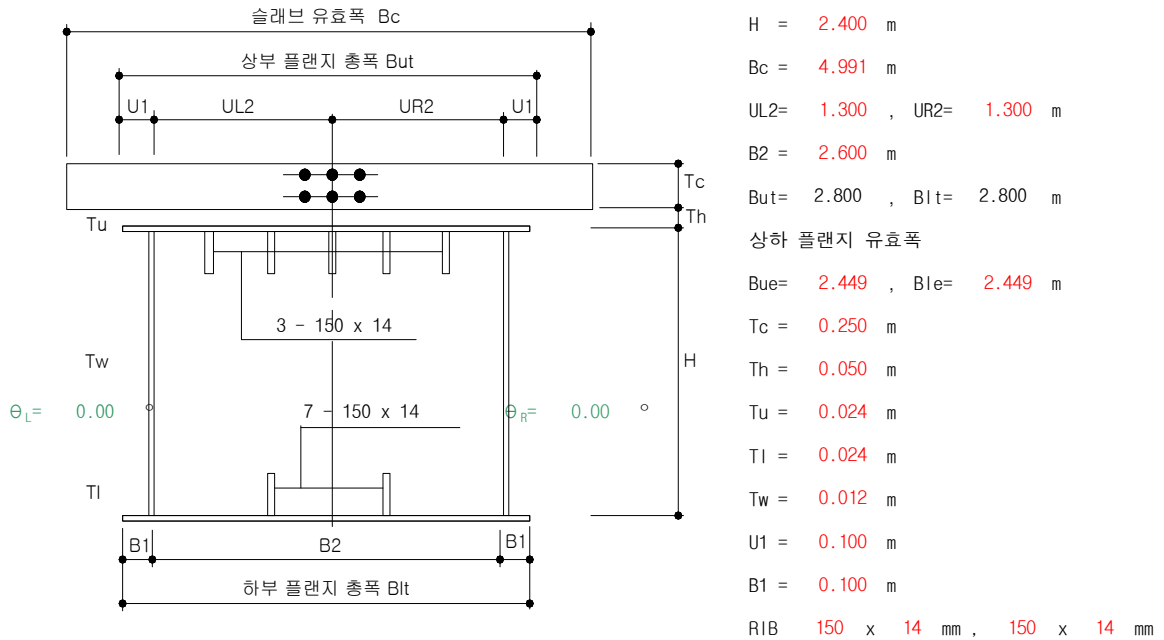
$$\Sigma f = 1.3 \times (43.33 + 9.589) + 2.15 \times 27.669 + (-3.227) + (19.396) + (23.904) \\ = 168.356 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.33 + 9.589) + 2.15 \times 27.669 + (23.904) \\ = 152.187 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 6 > : 절점 41 로 부터 이격 거리 4.418 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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	-15473.949
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4184.872
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-7564.675
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1740.981
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	502.739
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	934.280
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	23.233
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	110.865
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	848.492
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 232.569 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1255.612 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1105.612 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1039.612 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1408.388 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290932200003 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -18.061 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -15.904 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -14.954 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 20.259 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.453 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -32.648 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -28.748 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -27.031 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 36.620 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.768 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 352090.769 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1423.181 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 792.799 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 630.382 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 274113.436 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1018.327 \text{ mm} \quad K = -0.266 \\
ds1 &= dv - dc1 = 404.854 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 403245085004.9 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1283141 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1283141 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1306657484 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.965 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -4.145 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -4.223 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -7.148 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 248120.991 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1125.004 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 298.177 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 331598290 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.748 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 9.203 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.403 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.825 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3115744970 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.037 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.610 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.778 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 20.752 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 61.599 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-86.924	80.340	190.000	190.000
1+2+3	-50.709	-44.651	160.000	-128.910	137.219	190.000	190.000
1+2+3+4	-54.674	-48.796	160.000	-133.133	130.071	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-45.926	-39.593	160.000	-123.730	146.896	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-57.963	-51.203	184.000	-109.952	167.648	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-33.889	-27.983	184.000	-137.508	126.144	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-133.133}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.599}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.491 + 0.314 = 0.805 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{146.896}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.599}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.598 + 0.314 = 0.911 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/80.34)} = 1.538 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.065) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/167.648)} = 1.065 < 1.2 \Rightarrow 1.065$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -18.061 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -50.709 - -18.061 = -32.648 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.061 + 2.15 \times -32.648 + (-3.965) + (8.748) + (-12.037) \\ = -100.927 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.061 + 2.15 \times -32.648 + (-12.037) \\ = -105.709 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -86.924 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -14.954 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -128.91 - -86.924 - -14.954 = -27.031 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-86.924 + -14.954) + 2.15 \times -27.031 + (-4.223) + (9.403) + (-13.778) \\ = -199.158 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-86.924 + -14.954) + 2.15 \times -27.031 + (-13.778) \\ = -204.338 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 80.340 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 20.259 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 137.219 - 80.34 - 20.259 = 36.620 \text{ MPa}$$

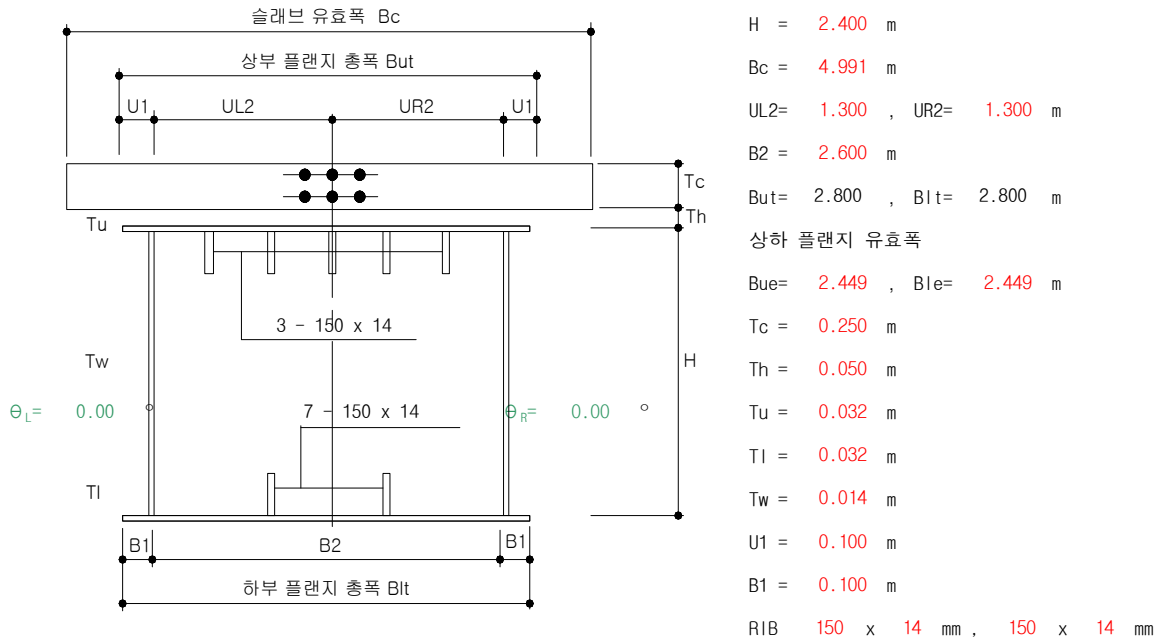
$$\Sigma f = 1.3 \times (80.34 + 20.259) + 2.15 \times 36.62 + (-7.148) + (16.825) + (20.752) \\ = 239.940 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.34 + 20.259) + 2.15 \times 36.62 + (20.752) \\ = 230.264 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 7 > : 절점 43 로 부터 이격 거리 0.000 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 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-23498.045
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-6553.493
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-10835.475
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-2361.222
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-684.246
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-1066.016
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-139.463
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-149.520
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-962.203
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60, 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

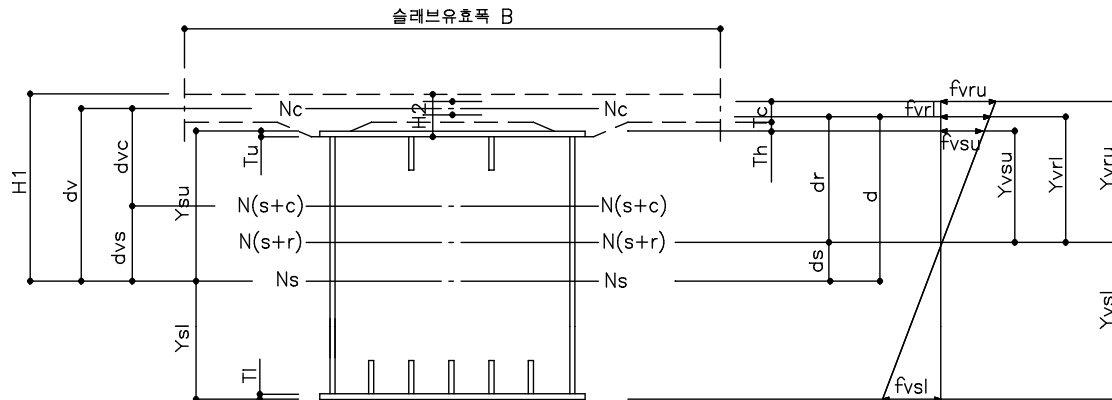
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2448.7	32.0	78357	1216.00	95282600	115863641831	6686498
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	32.0	78357	-1216.00	-95282600	115863641831	6686498
강단면 합계			244915		-9450000	258305408662	32308747997
UPPER RE-BAR	-	-	19318	1440.00	27818525	40058675712	-
LOWER RE-BAR	-	-	19318	1290.00	24920762	32147782722	-
RE-BAR 합계			38637		52739287	72206458434	-
1 - RC SLAB	4990.5	250.0	1247637	1375.00	1715501338	2358814339320	6498111128

* $A_s = 244915 \text{ mm}^2$, $A_c = 1247637 \text{ mm}^2$, $A_r = 38637 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 258305408662 + 32308747997 = 290614156658 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 244915 = -38.585 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 290614156658 - 244915 \times -38.585^2 = 290249529862 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 32.0 - -38.585 = 1270.585 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1270.585 - 2464.000 = -1193.415 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6357248.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -102.864 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 96.617 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 35.921 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 283552 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1403.585 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1212.332 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 191.253 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1287.332 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1137.332 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1079.332 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1384.668 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 355994390340 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6398091.8 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -23.698 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -20.937 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -19.869 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 25.490 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.017 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -39.183 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -34.617 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -32.852 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 42.145 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.234 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 400869.470 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1413.585 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 863.642 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 549.942 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 322892.136 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1072.209 \text{ mm} \quad K = -0.295 \\
ds1 &= dv - dc1 = 341.376 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 481456202677.9 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1833363 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1833363 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1965747858 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -4.369 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -4.613 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -4.708 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -8.721 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 296899.692 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1166.077 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 247.508 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3437061864 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 6.729 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 7.156 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 7.321 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.339 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3394164219 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -14.961 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -14.539 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.824 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 17.755 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 68.172 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 243.991$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 2132.828 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 32.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-102.864	96.617	190.000	190.000
1+2+3	-62.881	-55.554	160.000	-155.585	164.252	190.000	190.000
1+2+3+4	-67.250	-60.167	160.000	-160.293	155.531	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-60.521	-53.012	160.000	-152.972	169.870	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-75.482	-67.550	184.000	-142.148	187.625	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-45.561	-38.473	184.000	-163.796	152.115	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-160.293}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{68.172}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.712 + 0.384 = 1.096 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{169.870}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{68.172}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.799 + 0.384 = 1.183 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/96.617)} = 1.402 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.006) = 10.8 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/187.625)} = 1.006 < 1.2 \Rightarrow 1.006$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -23.698 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -62.881 - -23.698 = -39.183 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -23.698 + 2.15 \times -39.183 + (-4.369) + (6.729) + (-14.961) \\ = -127.652 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -23.698 + 2.15 \times -39.183 + (-14.961) \\ = -130.012 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -102.864 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -19.869 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -155.585 - -102.864 - -19.869 = -32.852 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-102.864 + -19.869) + 2.15 \times -32.852 + (-4.708) + (7.321) + (-10.824) \\ = -238.396 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-102.864 + -19.869) + 2.15 \times -32.852 + (-10.824) \\ = -241.009 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 96.617 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 25.490 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 164.252 - 96.617 - 25.49 = 42.145 \text{ MPa}$$

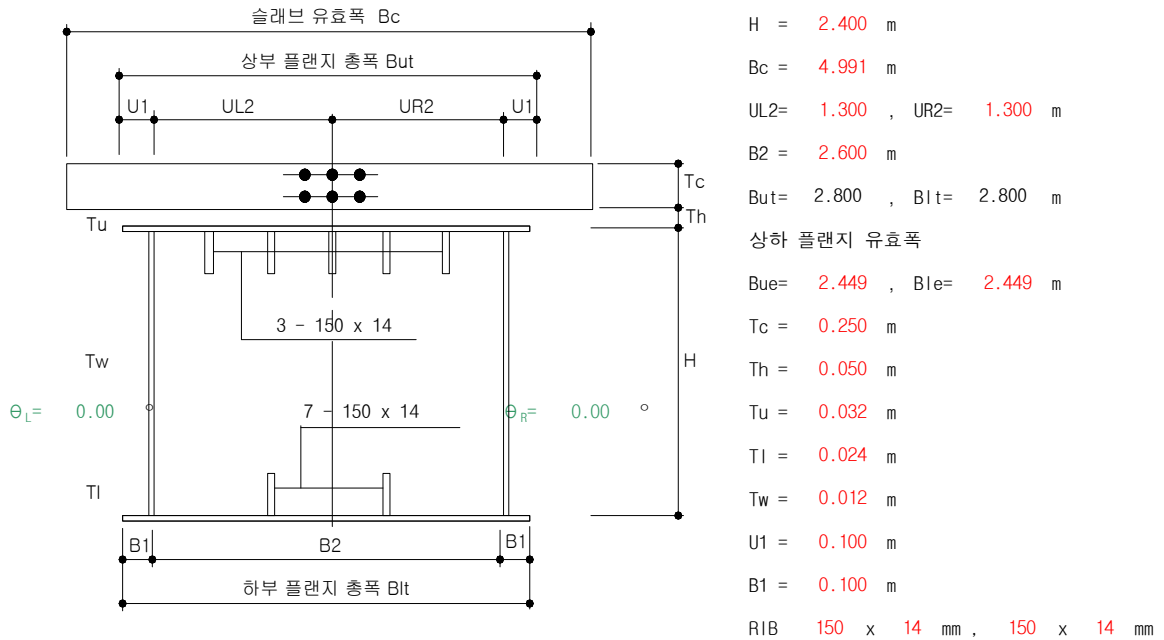
$$\Sigma f = 1.3 \times (96.617 + 25.49) + 2.15 \times 42.145 + (-8.721) + (14.339) + (17.755) \\ = 272.724 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (96.617 + 25.49) + 2.15 \times 42.145 + (17.755) \\ = 267.106 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 8 > : 절점 42 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 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	-17750.501
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4853.230
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-8441.687
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1878.878
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	559.237
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	1012.549
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-33.505
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-21.266
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-919.561
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60, 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

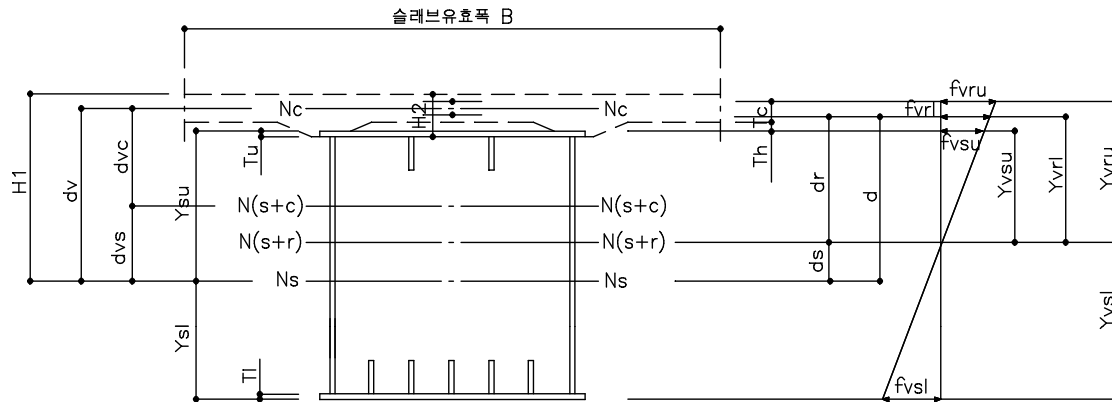
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2448.7	32.0	78357	1216.00	95282600	115863641831	6686498
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			215725		14605722	228768742892	27696882365
UPPER RE-BAR	-	-	19318	1440.00	27818525	40058675712	-
LOWER RE-BAR	-	-	19318	1290.00	24920762	32147782722	-
RE-BAR 합계			38637		52739287	72206458434	-
1 - RC SLAB	4990.5	250.0	1247637	1375.00	1715501338	2358814339320	6498111128

$$* A_s = 215725 \text{ mm}^2, A_c = 1247637 \text{ mm}^2, A_r = 38637 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 228768742892 + 27696882365 = 256465625257 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad 14605722 \quad / \quad 215725 \quad = \quad 67.705 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 256465625257 - 215725 \times 67.705^2 = 255476742768 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 32.0 - 67.705 = 1164.295 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1164.295 - 2456.000 = -1291.705 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6341936.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -80.895 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 89.748 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 32.840 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 254362 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1297.295 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1100.240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 197.055 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1175.240 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1025.240 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 967.240 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1488.760 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 310624474142 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6382748.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -18.362 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -16.018 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -15.112 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 23.261 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.848 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -31.939 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -27.862 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -26.286 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 40.459 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 23.582 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 371680.120 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1307.295 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 758.762 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 548.533 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 293702.786 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 960.211 \text{ mm} \quad K = -0.275 \\
ds1 &= dv - dc1 = 347.083 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 410984456179.9 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1397364 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1397364 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1341764626 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -4.098 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -4.276 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -4.345 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -7.262 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 267710.342 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1053.440 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 253.855 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3105059837 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.357 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.770 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.929 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.681 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2981978627 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.852 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.456 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.897 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.381 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 66.269 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-80.895	89.748	190.000	190.000
1+2+3	-50.301	-43.881	160.000	-122.294	153.467	190.000	190.000
1+2+3+4	-54.399	-48.157	160.000	-126.638	146.205	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-46.041	-39.387	160.000	-117.709	161.886	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-58.893	-51.843	184.000	-104.812	181.267	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-33.189	-26.931	184.000	-130.606	142.505	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-126.638}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{66.269}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.444 + 0.363 = 0.807 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{161.886}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{66.269}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.726 + 0.363 = 1.089 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/89.748)} = 1.455 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.024) = 10.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/181.267)} = 1.024 < 1.2 \Rightarrow 1.024$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -18.362 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -50.301 - -18.362 = -31.939 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.362 + 2.15 \times -31.939 + (-4.098) + (8.357) + (-12.852) \\ = -101.132 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.362 + 2.15 \times -31.939 + (-12.852) \\ = -105.391 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -80.895 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -15.112 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -122.294 - -80.895 - -15.112 = -26.286 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.895 + -15.112) + 2.15 \times -26.286 + (-4.345) + (8.929) + (-12.897) \\ = -189.638 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.895 + -15.112) + 2.15 \times -26.286 + (-12.897) \\ = -194.222 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 89.748 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 23.261 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 153.467 - 89.748 - 23.261 = 40.459 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (89.748 + 23.261) + 2.15 \times 40.459 + (-7.262) + (15.681) + (19.381) \\ = 261.697 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (89.748 + 23.261) + 2.15 \times 40.459 + (19.381) \\ = 253.279 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.991 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 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

상부 플랜지 총폭 But

U1 UL2 UR2 U1

Tu

Tw

Tl

7 - 150 x 14

7 - 150 x 14

B1 B2 B1

하부 플랜지 총폭 Bit

Bc

H

$\theta_L = 0.00$

$\theta_R = 0.00$

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 선팽창계수		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	-9318.345
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2246.741
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5747.374
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1477.178
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	357.466
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	895.230
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	22.467
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	84.340
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	852.805
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

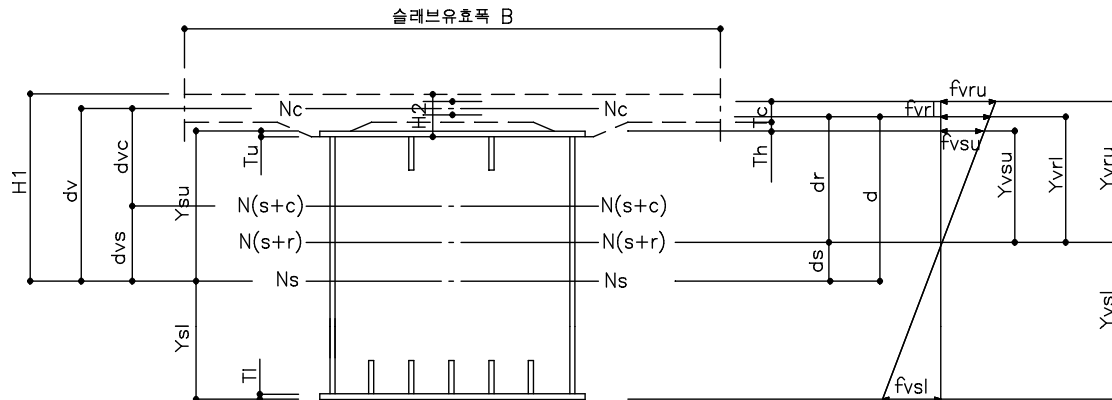
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	18.0	44076	-1209.00	-53287930	64425107779	1190053
강단면 합계			189844		17938948	187961458840	27707135919
UPPER RE-BAR	-	-	19318	1440.00	27818525	40058675712	-
LOWER RE-BAR	-	-	19318	1290.00	24920762	32147782722	-
RE-BAR 합계			38637		52739287	72206458434	-
1 - RC SLAB	4990.5	250.0	1247637	1375.00	1715501338	2358814339320	6498111128

* As = 189844 mm² , Ac = 1247637 mm² , Ar = 38637 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 187961458840 + 27707135919 = 215668594760 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 17938948 / 189844 = 94.493 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 215668594760 - 189844 \times 94.493^2 = 213973488834 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 94.493 = 1129.507 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1129.507 - 2442.000 = -1312.493 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6323652.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -49.189 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 57.158 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.793 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 228481 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1270.507 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1055.660 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 214.847 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1130.660 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 980.660 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 914.660 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1527.340 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 265794133483 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6364464.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.557 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.289 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -7.732 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 12.911 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.758 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -24.449 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.205 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -19.778 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 33.026 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.125 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 345798.756 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1280.507 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 703.000 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 577.507 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av_1 &= As + Ac/n1 = 267821.423 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 907.682 \text{ mm} \quad K = -0.240 \\
ds1 &= dv - dc1 = 372.825 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 355175666413.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -693528 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -693528 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -629502532 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.393 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.478 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.515 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.904 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 241828.978 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1005.242 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 275.265 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 2962994587 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 9.876 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 10.277 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.453 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.987 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2762832200 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.820 \text{ MPa} \\
f_{rllt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.446 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 14.919 \text{ MPa} \\
f_{sllt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 21.011 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 53.677 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 213.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 674.840 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-49.189	57.158	190.000	190.000
1+2+3	-34.006	-29.495	160.000	-76.699	103.095	190.000	190.000
1+2+3+4	-36.399	-31.973	160.000	-79.214	99.191	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-26.523	-21.696	160.000	-68.761	116.178	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-37.343	-32.141	184.000	-53.842	137.189	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-15.703	-11.250	184.000	-83.680	95.167	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-79.214}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.677}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.174 + 0.238 = 0.412 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{137.189}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{53.677}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.394 + 0.238 = 0.632 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/57.158)} = 1.823 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.177) = 9.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/137.189)} = 1.177 < 1.2 \Rightarrow 1.177$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -9.557 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -34.006 - 9.557 = -24.449 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.557 + 2.15 \times -24.449 + (-2.393) + (9.876) + (-10.82) \\ = -68.326 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.557 + 2.15 \times -24.449 + (-10.82) \\ = -75.809 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -49.189 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -7.732 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -76.699 - 49.189 - 7.732 = -19.778 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-49.189 + -7.732) + 2.15 \times -19.778 + (-2.515) + (10.453) + (-14.919) \\ = -123.501 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-49.189 + -7.732) + 2.15 \times -19.778 + (-14.919) \\ = -131.439 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 57.158 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 12.911 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 103.095 - 57.158 - 12.911 = 33.026 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (57.158 + 12.911) + 2.15 \times 33.026 + (-3.904) + (16.987) + (21.011) \\ = 196.190 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

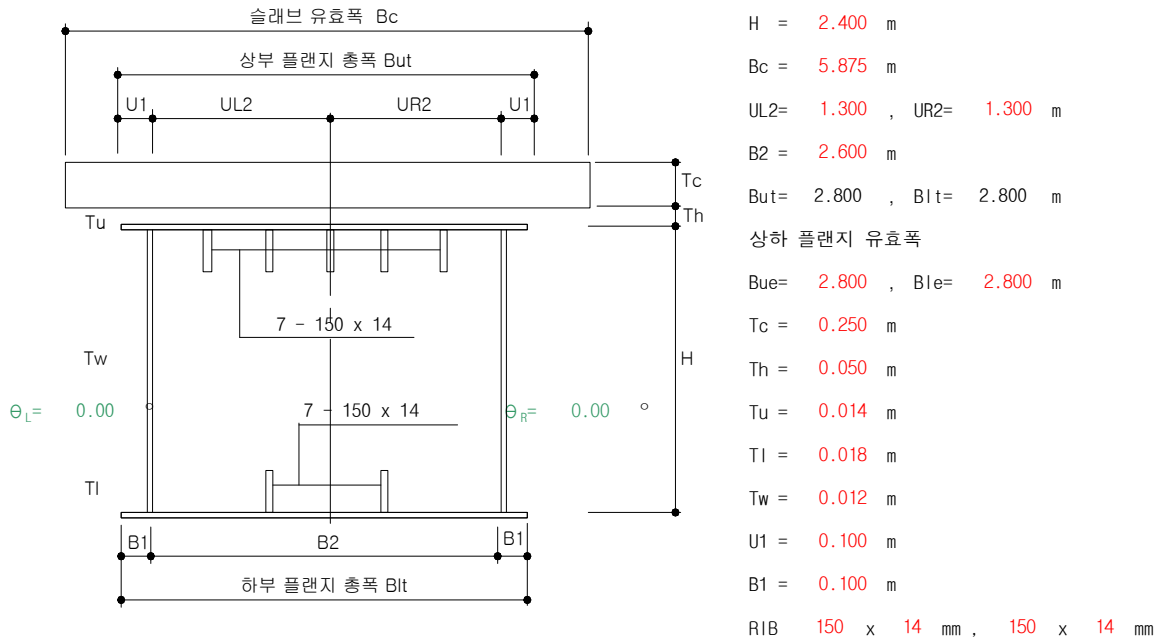
$$\Sigma f = 1.3 \times (57.158 + 12.911) + 2.15 \times 33.026 + (21.011) \\ = 183.106 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

☐ 절점 사이의 단면 검토

< 단 면 - 16 > : 절점 17 로 부터 이격 거리 2.525 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 선팽창계수		0.00012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2876.003
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	966.014
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5403.154
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	704.505
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	199.989
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	616.373
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	70.441
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	100.895
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	620.528

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

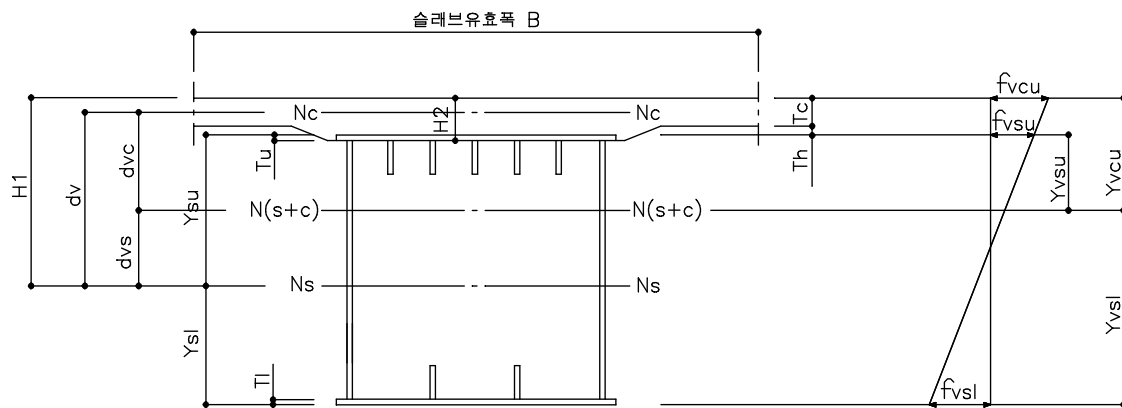
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
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			176600		-13619200	1.67987E+11	27705126067
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

* As = 176600 mm² , Ac = 1468870.19 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 167986578200 + 27705126066.7 = 195691704267 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -13619200 / 176600 = -77.119 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 195691704267 - 176600 \times -77.119^2 = 194641406369 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 14.0 - -77.119 = 1291.119 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1291.119 - 2432.000 = -1140.881 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6310592.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 19.077 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -16.858 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 12.696 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 360208.8 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 956295698 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1452.1 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 711.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 740.2 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 836.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 586.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 550.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1881.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 385414309248 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6351404.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.262 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.184 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.381 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -4.715 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 4.134 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.467 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.029 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.724 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -26.371 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.772 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 268404.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 955.4 \text{ mm} \quad K = -0.045 \\
ds1 &= dv - dc1 = 496.7 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1080.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 830.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 794.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1637.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 322490064298 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 327633 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 327633 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 313033481 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.262 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.184 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.189 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.110 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.186 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.292 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 237802.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1078.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.7 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1203.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 953.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 917.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1514.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 290800887124.8 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3742233864 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.784 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.777 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.062 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 15.470 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3294068040 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.435 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.423 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.633 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 13.569 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 31.602 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 193.1$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\}^2 = 408.237 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 14.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$

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

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	19.077	-16.858	190.000	190.000
1+2+3	1.729	1.212	10.800	10.800	28.182	-47.943	190.000	190.000
1+2+3+4	1.540	1.103	10.800	10.800	29.368	-46.651	218.500	190.000
1+2+3+4+5	-0.244	-0.675	1.890	1.890	43.429	-31.181	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.678	-2.097	2.174	2.174	56.063	-17.612	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.191	0.748	12.420	12.420	30.796	-44.750	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{56.063}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{31.602}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.052 + 0.083 = 0.134 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-47.943}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{31.602}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.064 + 0.083 = 0.146 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/19.077)} = 3.156 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/56.063)} = 1.841 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.262 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.729 - 0.262 = 1.467 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.262 + 2.15 \times 1.467 + (-0.189) + (-1.784) + (1.435) \\ = 2.956 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.262 + 2.15 \times 1.467 + (1.435) \\ = 4.929 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 19.077 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.381 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 28.182 - 19.077 - 1.381 = 7.724 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (19.077 + 1.381) + 2.15 \times 7.724 + (1.186) + (14.062) + (12.633) \\ = 71.083 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (19.077 + 1.381) + 2.15 \times 7.724 + (12.633) \\ = 55.835 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -16.858 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -4.715 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -47.943 - -16.858 - -4.715 = -26.370 \text{ MPa}$$

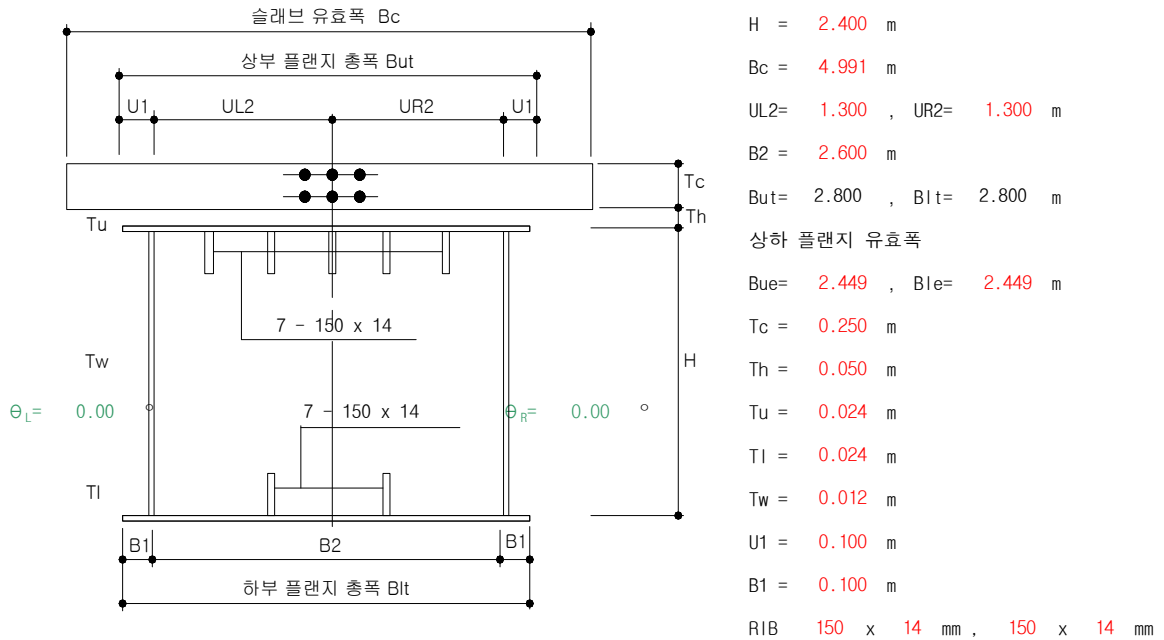
$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.858 + -4.715) + 2.15 \times -26.37 + (1.292) + (15.47) + (-13.569) \\ = -81.547 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.858 + -4.715) + 2.15 \times -26.37 + (-13.569) \\ = -98.310 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 13 > : 절점 41 로 부터 이격 거리 2.525 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 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	-12286.270
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3262.388
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6416.118
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1612.426
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	467.842
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	892.000
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	19.618
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	76.822
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	855.866
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60, 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

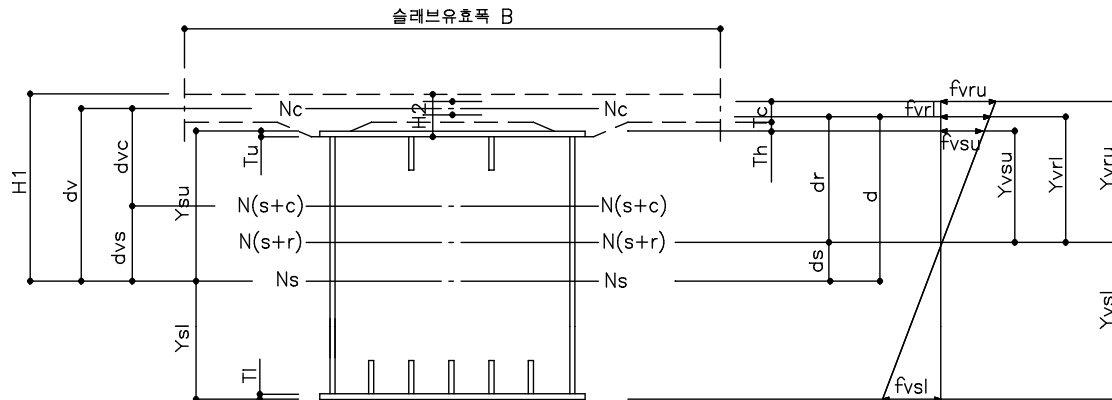
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			204536		0	209863327122	27708766733
UPPER RE-BAR	-	-	19318	1440.00	27818525	40058675712	-
LOWER RE-BAR	-	-	19318	1290.00	24920762	32147782722	-
RE-BAR 합계			38637		52739287	72206458434	-
1 - RC SLAB	4990.5	250.0	1247637	1375.00	1715501338	2358814339320	6498111128

* As = 204536 mm² , Ac = 1247637 mm² , Ar = 38637 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 209863327122 + 27708766733 = 237572093855 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 204536 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 237572093855 - 204536 \times 0.000^2 = 237572093855 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 0.000 = 1224.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1224.000 - 2448.000 = -1224.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -63.300 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 63.300 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 28.123 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 243173 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1148.120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 216.880 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1223.120 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1073.120 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1007.120 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1440.880 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 298123136839 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.385 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -11.743 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.021 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 15.768 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.625 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -26.324 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -23.095 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -21.675 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 31.010 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.082 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 360490.769 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 780.151 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 594.849 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 282513.436 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 995.482 \text{ mm} \quad K = -0.253 \\
ds1 &= dv - dc1 = 379.518 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 405678062579.4 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -978433 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -978433 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -974012556 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.013 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.137 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.191 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.215 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 256520.991 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1096.351 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 278.649 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3231543038 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.767 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 9.178 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.359 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.073 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3066037354 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.221 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.831 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.541 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.911 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 57.830 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-63.300	63.300	190.000	190.000
1+2+3	-39.708	-34.839	160.000	-95.996	110.078	190.000	190.000
1+2+3+4	-42.721	-37.975	160.000	-99.187	104.864	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-33.954	-28.797	160.000	-89.828	120.936	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-46.175	-40.628	184.000	-76.287	140.847	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-21.733	-16.966	184.000	-103.369	101.026	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-99.187}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{57.830}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.273 + 0.276 = 0.549 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{140.847}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{57.830}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.416 + 0.276 = 0.692 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/63.3)} = 1.733 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.161) = 9.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/140.847)} = 1.161 < 1.2 \Rightarrow 1.161$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.385 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -39.708 - -13.385 = -26.324 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.385 + 2.15 \times -26.324 + (-3.013) + (8.767) + (-12.221) \\ = -80.463 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.385 + 2.15 \times -26.324 + (-12.221) \\ = -86.217 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -63.300 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.021 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -95.996 - -63.3 - -11.021 = -21.675 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-63.3 + -11.021) + 2.15 \times -21.675 + (-3.191) + (9.359) + (-13.541) \\ = -150.592 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-63.3 + -11.021) + 2.15 \times -21.675 + (-13.541) \\ = -156.760 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 63.300 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 15.768 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 110.078 - 63.3 - 15.768 = 31.011 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (63.3 + 15.768) + 2.15 \times 31.011 + (-5.215) + (16.073) + (19.911) \\ = 200.229 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

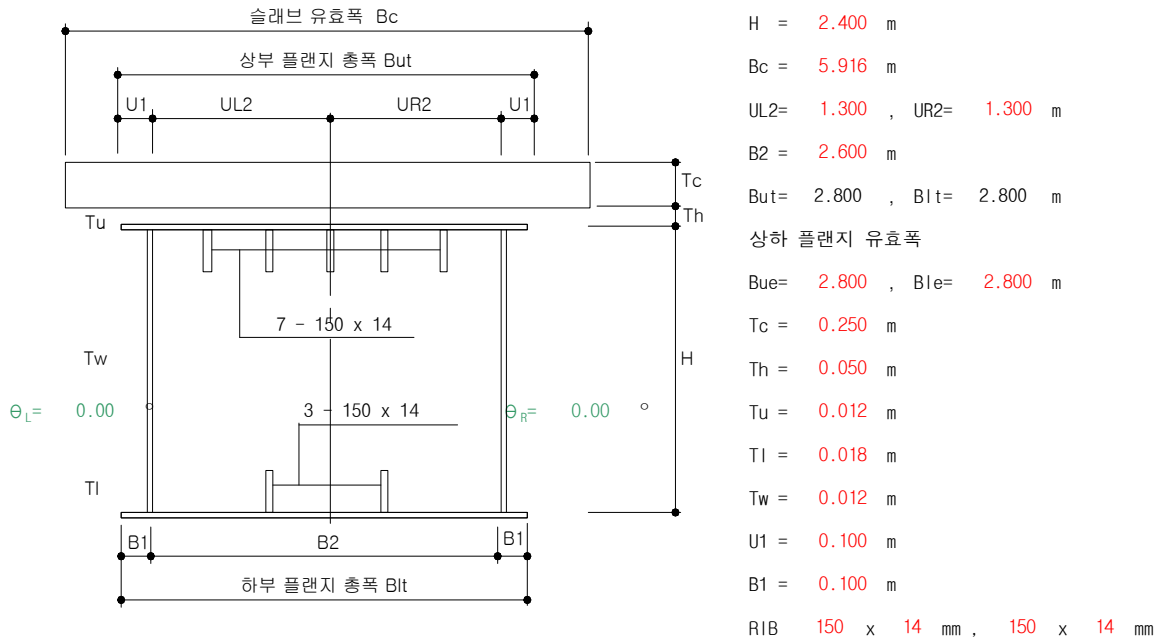
$$\Sigma f = 1.3 \times (63.3 + 15.768) + 2.15 \times 31.011 + (19.911) \\ = 189.371 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.6 SPLICE부의 응력검토

< S P L I C E - 1 > : 절점 3 로 부터 이격 거리 1.894 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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 선팽창계수		0.00012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8865.204
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2608.922
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5400.402
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-354.504
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-100.934
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-479.357
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-54.798
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-103.249
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-559.715

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

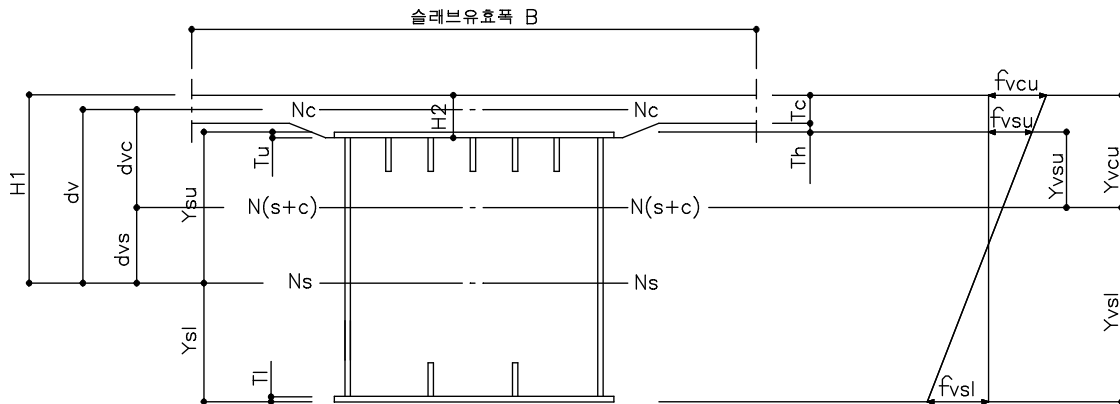
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897.47	1375.0	2033484024	2796040533000	7702591000

* As = 162600 mm² , Ac = 1478897.47 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 64.421 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -57.934 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 6.517 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 347462.2 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 962823875 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 675.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 767.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 800.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 550.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 512.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 357016492460 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.731 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.502 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.741 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -14.016 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.430 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.513 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.040 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.745 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -29.013 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.996 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 255031.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 919.6 \text{ mm} \quad K = 0.675 \\
ds1 &= dv - dc1 = 522.8 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1044.6 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 794.6 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 756.6 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1673.4 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 299157776303 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 911853 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 911853 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 838577009 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.731 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.502 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.384 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.185 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.007 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.409 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 224220.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1046.0 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 396.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1171.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 921.0 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 883.0 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1547.0 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 269359184308.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3654647472 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.266 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.362 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 23.669 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 1.415 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3144506096 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.730 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.915 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.451 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 2.004 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 20.942 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	64.421	-57.934	177.975	190.000
1+2+3	2.243	1.542	10.800	10.800	75.907	-100.962	177.975	190.000
1+2+3+4	1.860	1.357	10.800	10.800	80.914	-100.553	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.593	-0.004	10.800	1.890	104.583	-99.138	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.136	-0.920	2.174	2.174	121.035	-97.134	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.323	0.911	12.420	12.420	88.132	-101.143	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{121.035}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{20.942}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.274 + 0.036 = 0.310 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-100.962}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{20.942}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.282 + 0.036 = 0.319 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/64.421)} = 1.717 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/121.035)} = 1.253 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.731 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.243 - 0.731 = 1.513 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.731 + 2.15 \times 1.513 + (-0.384) + (-1.266) + (0.73)$$

$$= 3.282 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.731 + 2.15 \times 1.513 + (0.73)$$

$$= 4.932 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 64.421 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.741 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 75.907 - 64.421 - 3.741 = 7.744 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.421 + 3.741) + 2.15 \times 7.744 + (5.007) + (23.669) + (16.451)$$

$$= 150.389 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.421 + 3.741) + 2.15 \times 7.744 + (16.451)$$

$$= 121.713 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -57.934 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -14.016 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -100.962 - (-57.934) - (-14.016) = -29.012 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-57.934 + -14.016) + 2.15 \times -29.012 + (0.409) + (1.415) + (-2.004)$$

$$= -156.092 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-57.934 + -14.016) + 2.15 \times -29.012 + (-2.004)$$

$$= -157.916 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

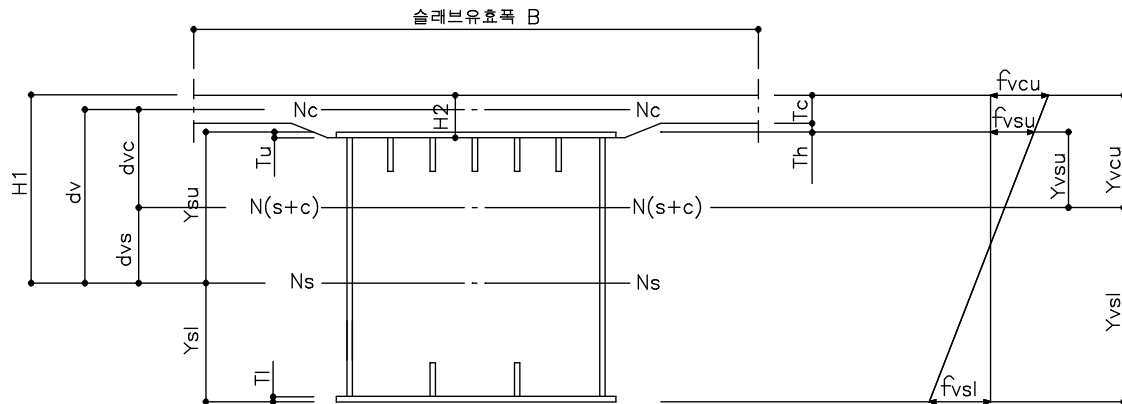
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5915.6	250.0	1478897.47	1375.0	2033484024	2796040533000	7702591000

* As = 162600 mm² , Ac = 1478897.47 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 50.946 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -45.816 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 12.014 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 347462.2 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 962823875 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 675.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 767.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 800.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 550.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 512.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 357016492460 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.592 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.407 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.033 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -11.360 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 3.493 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.837 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.263 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.408 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -35.242 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.273 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 255031.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 919.6 \text{ mm} \quad K = 0.282 \\
ds1 &= dv - dc1 = 522.8 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1044.6 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 794.6 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 756.6 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1673.4 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 299157776303 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 739071 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 739071 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 679679754 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.592 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.407 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.369 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.194 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.383 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.826 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 224220.728 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1046.0 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 396.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1171.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 921.0 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 883.0 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1547.0 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 269359184308.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3493895 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3654647472 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.527 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.566 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 18.961 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 9.663 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4658527 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3144506096 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.076 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.153 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.679 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 8.643 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 27.780 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$

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	50.946	-45.816	177.975	190.000
1+2+3	2.430	1.670	10.800	10.800	63.386	-92.418	177.975	190.000
1+2+3+4	2.060	1.476	10.800	10.800	66.769	-90.592	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.534	-0.090	10.800	1.890	85.730	-80.929	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.542	-1.244	2.174	2.174	100.409	-72.286	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.610	1.063	12.420	12.420	71.051	-89.572	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{100.409}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{27.780}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.188 + 0.064 = 0.252 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-92.418}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{27.780}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.237 + 0.064 = 0.300 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/50.946)} = 1.931 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/100.409)} = 1.376 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.592 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.43 - 0.592 = 1.837 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.592 + 2.15 \times 1.837 + (-0.369) + (-1.527) + (1.076) \\ = 3.900 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.592 + 2.15 \times 1.837 + (1.076) \\ = 5.796 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 50.946 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.033 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 63.386 - 50.946 - 3.033 = 9.408 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (50.946 + 3.033) + 2.15 \times 9.408 + (3.383) + (18.961) + (14.679) \\ = 127.422 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (50.946 + 3.033) + 2.15 \times 9.408 + (14.679) \\ = 105.078 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -45.816 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -11.360 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -92.418 - (-45.816) - (-11.36) = -35.242 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-45.816 + -11.36) + 2.15 \times -35.242 + (1.826) + (9.663) + (-8.643) \\ = -147.254 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-45.816 + -11.36) + 2.15 \times -35.242 + (-8.643) \\ = -158.743 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 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	4468.651
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1426.298
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5433.008
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-496.631
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-141.059
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-554.471
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-50.431
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-89.864
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-482.881

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 720.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 763.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 513.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 477.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1952.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 336862818315 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.404 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.272 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.020 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -8.269 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 3.039 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.539 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.035 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.695 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -31.496 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.795 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 254404.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 868.4 \text{ mm} \quad K = -0.151 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.3 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 993.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 743.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 707.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1722.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 285509459573 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 496095 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 496095 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 430817577 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.404 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.272 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.296 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.160 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.789 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.343 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 223802.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 987.2 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.6 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1112.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 862.2 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 826.2 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1603.8 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 259116513927.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3425643810 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.809 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.788 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 13.856 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 18.707 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2952627282 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.456 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.414 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.733 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 15.949 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 24.789 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 193.1$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 408.237 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 14.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$

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

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	30.289	-31.162	190.000	190.000
1+2+3	1.942	1.306	10.800	10.800	40.004	-70.927	190.000	190.000
1+2+3+4	1.646	1.146	10.800	10.800	41.793	-68.584	218.500	190.000
1+2+3+4+5	-0.163	-0.642	1.890	1.890	55.649	-49.877	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.618	-2.057	2.174	2.174	68.383	-33.928	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.293	0.772	12.420	12.420	42.916	-65.826	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{68.383}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{24.789}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.077 + 0.051 = 0.127 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-70.927}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.789}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.139 + 0.051 = 0.190 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/30.289)} = 2.505 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/68.383)} = 1.667 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.404 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.942 - 0.404 = 1.539 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.404 + 2.15 \times 1.539 + (-0.296) + (-1.809) + (1.456) \\ = 3.183 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.404 + 2.15 \times 1.539 + (1.456) \\ = 5.289 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 30.289 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.020 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 40.004 - 30.289 - 2.02 = 7.695 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (30.289 + 2.02) + 2.15 \times 7.695 + (1.789) + (13.856) + (12.733) \\ = 86.925 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (30.289 + 2.02) + 2.15 \times 7.695 + (12.733) \\ = 71.279 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -31.162 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.269 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -70.927 - -31.162 - -8.269 = -31.496 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-31.162 + -8.269) + 2.15 \times -31.496 + (2.343) + (18.707) + (-15.949) \\ = -113.876 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-31.162 + -8.269) + 2.15 \times -31.496 + (-15.949) \\ = -134.926 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



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 선팽창계수		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	4745.804
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1495.295
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5817.559
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	456.707
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	131.112
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	548.200
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	41.401
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	90.463
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	479.325

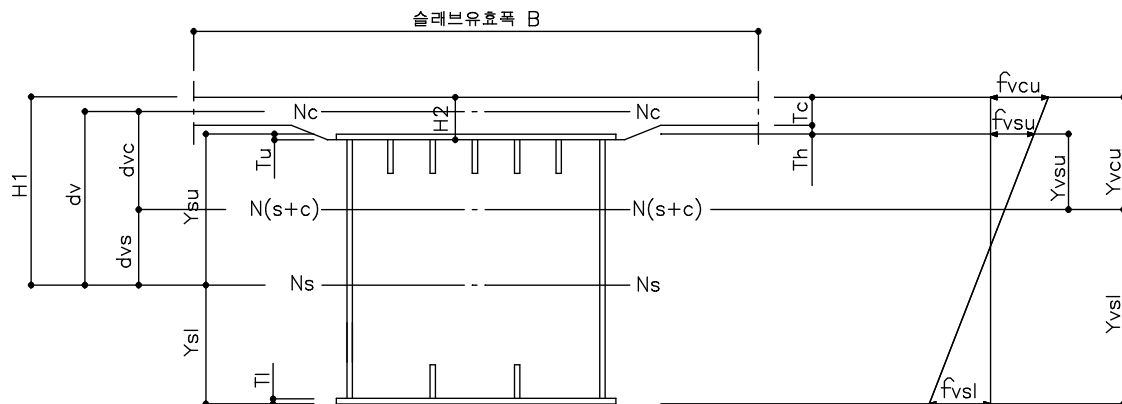
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			162600		2646000	1.49062E+11	27688971000
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

$$* A_s = 162600 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1468870.19 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 149061633000 + 27688971000.0 = 176750604000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{2646000}{162600} = 16.273 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 176750604000 - 162600 \times 16.273^2 = 176707545476 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 14.0 - 16.273 = 1197.727 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1197.727 - 2430.000 = -1232.273 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 32.167 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -33.095 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.202 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 346208.8 \text{ mm}^2$$

lc/n = 956295698 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1358.7 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 638.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 720.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 763.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 513.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 477.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1952.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 336862818315 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.423 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.285 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.118 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -8.669 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.870 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.647 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.108 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.240 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -33.726 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.663 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 254404.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 868.4 \text{ mm} \quad K = -0.065 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.3 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 993.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 743.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 707.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1722.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 285509459573 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 520094 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 520094 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 451658327 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.423 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.285 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.302 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.162 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.972 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.221 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 223802.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 987.2 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.6 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1112.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 862.2 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 826.2 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1603.8 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 259116513927.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3425643810 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.756 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.747 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.796 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 16.884 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2952627282 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.384 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.366 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.093 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 14.477 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 23.735 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 193.1$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_u \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 408.237 \text{ MPa}$

사용 $t_u = 14.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$

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

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	32.167	-33.095	190.000	190.000
1+2+3	2.071	1.392	10.800	10.800	42.525	-75.489	190.000	190.000
1+2+3+4	1.769	1.231	10.800	10.800	44.497	-73.268	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.013	-0.517	10.800	1.890	59.293	-56.384	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.371	-1.883	2.174	2.174	72.385	-41.906	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.396	0.849	12.420	12.420	46.200	-70.861	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{72.385}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{23.735}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.086 + 0.047 = 0.132 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-75.489}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{23.735}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.158 + 0.047 = 0.204 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/32.167)} = 2.430 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/72.385)} = 1.620 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.423 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.071 - 0.423 = 1.647 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.423 + 2.15 \times 1.647 + (-0.302) + (-1.756) + (1.384) \\ = 3.418 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.423 + 2.15 \times 1.647 + (1.384) \\ = 5.476 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 32.167 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.118 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 42.525 - 32.167 - 2.118 = 8.240 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (32.167 + 2.118) + 2.15 \times 8.24 + (1.972) + (14.796) + (13.093) \\ = 92.147 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (32.167 + 2.118) + 2.15 \times 8.24 + (13.093) \\ = 75.380 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -33.095 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.669 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -75.489 - -33.095 - -8.669 = -33.726 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-33.095 + -8.669) + 2.15 \times -33.726 + (2.221) + (16.884) + (-14.477) \\ = -122.174 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-33.095 + -8.669) + 2.15 \times -33.726 + (-14.477) \\ = -141.280 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	5589.883
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1730.373
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5947.619
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-502.345
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-143.315
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-572.528
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-53.519
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-92.602
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-483.739

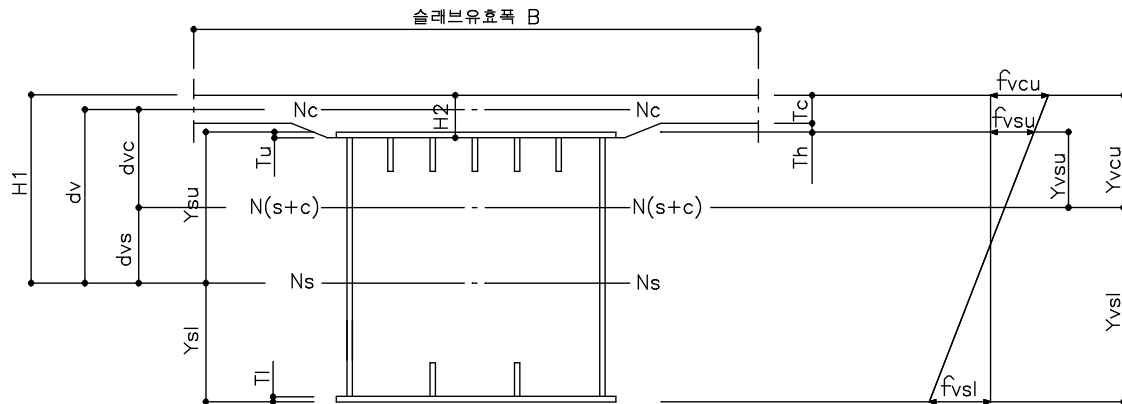
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

* As = 157000 mm² , Ac = 1468870.19 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((U_L2 + U_R2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 41.108 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -39.487 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 9.075 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 340608.8 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 956295698 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 646.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 755.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 771.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 521.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 483.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1945.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 335572381589 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.497 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.336 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.490 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -10.030 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 3.096 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.708 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.154 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.560 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -34.473 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 13.116 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 248804.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 884.3 \text{ mm} \quad K = 0.059 \\
ds1 &= dv - dc1 = 517.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1009.3 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 759.3 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 721.3 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1706.7 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 282652022334 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 611585 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 611585 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 540834655 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.497 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.336 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.336 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.177 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.540 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.265 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 218202.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1008.3 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 393.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1133.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 883.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 845.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1582.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 255205689034.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3499132443 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.662 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.670 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 16.587 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 14.623 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2988848169 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.251 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.268 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.838 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.562 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 25.287 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	41.108	-39.487	177.975	190.000
1+2+3	2.205	1.490	10.800	10.800	52.158	-83.990	177.975	190.000
1+2+3+4	1.869	1.313	10.800	10.800	54.698	-81.724	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.207	-0.357	10.800	1.890	71.285	-67.101	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.044	-1.625	2.174	2.174	85.123	-54.539	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.458	0.911	12.420	12.420	57.447	-79.663	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{85.123}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{25.287}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.135 + 0.053 = 0.188 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-83.990}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{25.287}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.195 + 0.053 = 0.248 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/41.108)} = 2.150 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/85.123)} = 1.494 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.497 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.205 - 0.497 = 1.708 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.497 + 2.15 \times 1.708 + (-0.336) + (-1.662) + (1.251) \\ = 3.572 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.497 + 2.15 \times 1.708 + (1.251) \\ = 5.570 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 41.108 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.490 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 52.158 - 41.108 - 2.49 = 8.560 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.108 + 2.49) + 2.15 \times 8.56 + (2.54) + (16.587) + (13.838) \\ = 108.046 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.108 + 2.49) + 2.15 \times 8.56 + (13.838) \\ = 88.919 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -39.487 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -10.030 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -83.99 - -39.487 - -10.03 = -34.473 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-39.487 + -10.03) + 2.15 \times -34.473 + (2.265) + (14.623) + (-12.562) \\ = -134.163 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-39.487 + -10.03) + 2.15 \times -34.473 + (-12.562) \\ = -151.051 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	6005.251
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1830.661
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6070.053
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	442.520
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	128.871
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	564.461
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	47.677
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	91.081
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	481.784

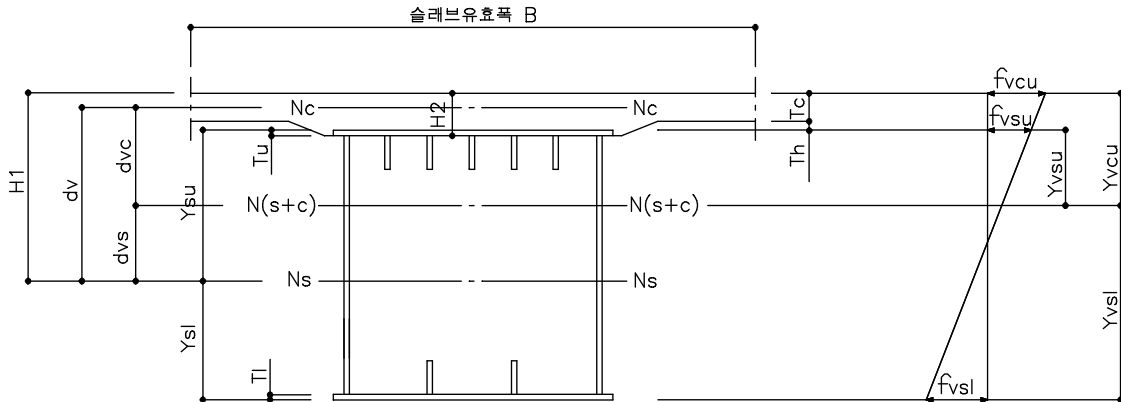
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

$$* A_s = 157000 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1468870.19 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = \frac{-4146800}{157000} = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 44.162 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -42.421 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 7.998 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 340608.8 \text{ mm}^2$$

lc/n = 956295698 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 646.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 755.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 771.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 521.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 483.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1945.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 335572381589 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.526 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.355 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.635 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -10.611 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.835 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.743 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.178 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.736 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -35.183 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.963 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 248804.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 884.3 \text{ mm} \quad K = 0.062 \\
ds1 &= dv - dc1 = 517.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1009.3 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 759.3 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 721.3 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1706.7 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 282652022334 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 647031 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 647031 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 572180051 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.526 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.355 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.355 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.187 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.691 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.386 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 218202.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1008.3 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 393.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1133.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 883.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 845.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1582.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 255205689034.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3499132443 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.660 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.669 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 16.622 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 14.558 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2988848169 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.249 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.266 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.851 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.510 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 23.796 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	44.162	-42.421	177.975	190.000
1+2+3	2.269	1.533	10.800	10.800	55.533	-88.215	177.975	190.000
1+2+3+4	1.914	1.346	10.800	10.800	58.224	-85.829	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.254	-0.322	10.800	1.890	74.846	-71.270	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.995	-1.588	2.174	2.174	88.697	-58.760	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.503	0.944	12.420	12.420	60.995	-83.781	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{88.697}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{23.796}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.147 + 0.047 = 0.194 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-88.215}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{23.796}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.216 + 0.047 = 0.262 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/44.162)} = 2.074 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/88.697)} = 1.464 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.526 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.269 - 0.526 = 1.743 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.526 + 2.15 \times 1.743 + (-0.355) + (-1.66) + (1.249) \\ = 3.665 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.526 + 2.15 \times 1.743 + (1.249) \\ = 5.680 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 44.162 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.635 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 55.533 - 44.162 - 2.635 = 8.736 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (44.162 + 2.635) + 2.15 \times 8.736 + (2.691) + (16.622) + (13.851) \\ = 112.783 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (44.162 + 2.635) + 2.15 \times 8.736 + (13.851) \\ = 93.470 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -42.421 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -10.611 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -88.215 - -42.421 - -10.611 = -35.183 \text{ MPa}$$

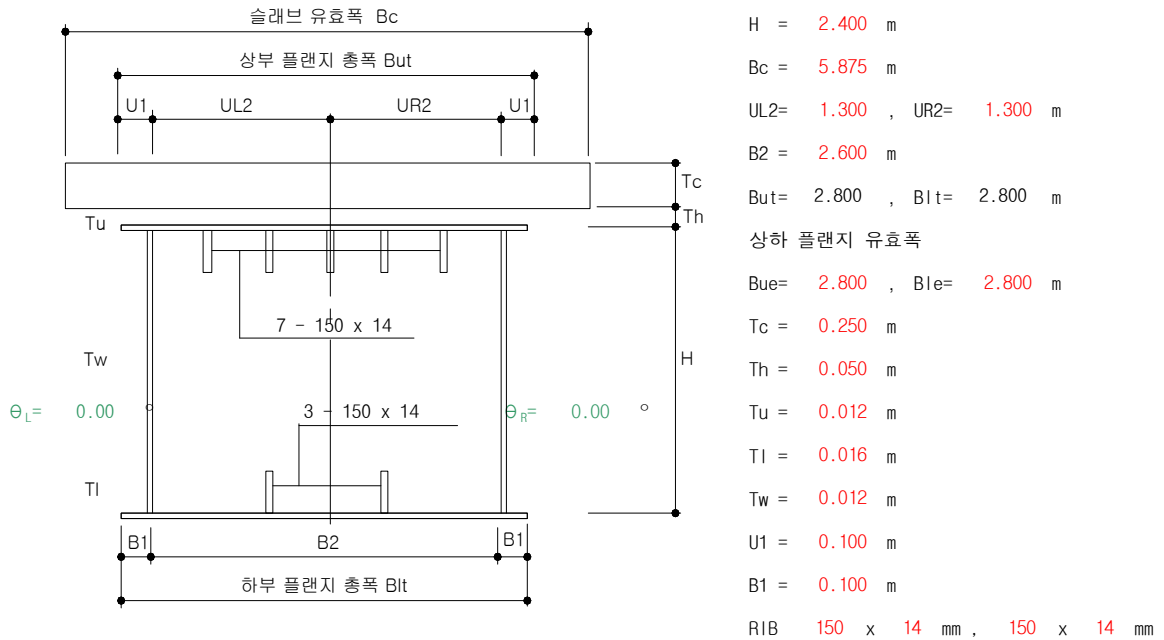
$$\Sigma f = 1.3 \times (-42.421 + -10.611) + 2.15 \times -35.183 + (2.386) + (14.558) + (-12.51) \\ = -140.151 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-42.421 + -10.611) + 2.15 \times -35.183 + (-12.51) \\ = -157.095 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 13 > : 절점 36 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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	4145.666
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1359.719
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	5906.290
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-346.057
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-104.489
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-545.735
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-24.769
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-84.557
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-481.611

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

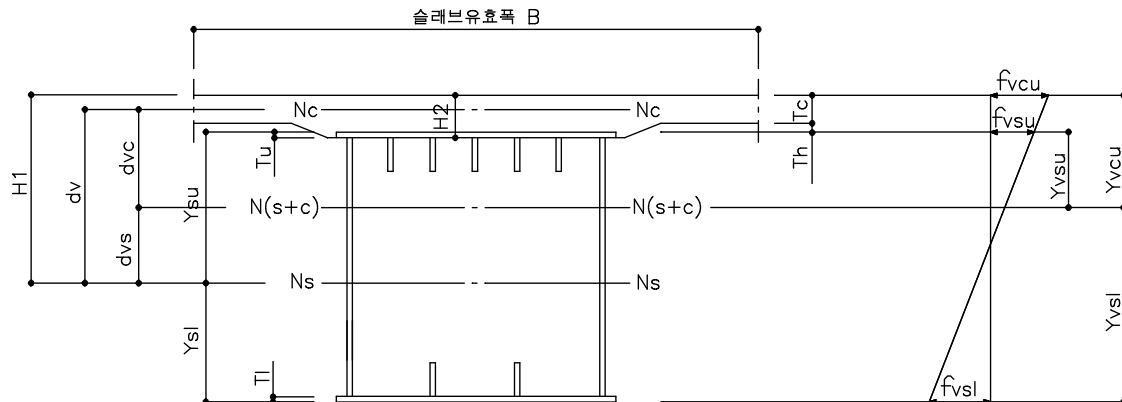
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

$$* A_s = 157000 \text{ mm}^2, A_c = 1468870.19 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-4146800}{157000} = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 30.487 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -29.285 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.172 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 340608.8 \text{ mm}^2$$

lc/n = 956295698 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 646.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 755.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 771.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 521.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 483.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1945.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 335572381589 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.390 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.264 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.957 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -7.881 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.369 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.696 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.146 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.501 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -34.234 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.637 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 248804.4 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 884.3 \text{ mm} & K = -0.067 \\
ds1 &= dv - dc1 = 517.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1009.3 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 759.3 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 721.3 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1706.7 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 282652022334 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 480581 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 480581 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 424985339 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.390 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.264 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.276 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.148 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.859 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.103 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 218202.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1008.3 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 393.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1133.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 883.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 845.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1582.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 255205689034.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3499132443 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.743 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.734 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.127 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 17.357 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2988848169 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.359 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.341 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.296 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 14.745 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 21.177 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	30.487	-29.285	177.975	190.000
1+2+3	2.087	1.410	10.800	10.800	40.944	-71.400	177.975	190.000
1+2+3+4	1.811	1.262	10.800	10.800	42.803	-69.296	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.067	-0.472	10.800	1.890	57.930	-51.939	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.292	-1.812	2.174	2.174	71.226	-37.194	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.427	0.869	12.420	12.420	44.634	-66.684	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{71.226}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{21.177}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.095 + 0.037 = 0.132 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-71.400}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{21.177}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.141 + 0.037 = 0.178 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/30.487)} = 2.496 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/71.226)} = 1.633 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.390 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.087 - 0.39 = 1.696 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.39 + 2.15 \times 1.696 + (-0.276) + (-1.743) + (1.359) \\ = 3.495 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.39 + 2.15 \times 1.696 + (1.359) \\ = 5.514 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 30.487 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.957 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 40.944 - 30.487 - 1.957 = 8.500 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (30.487 + 1.957) + 2.15 \times 8.5 + (1.859) + (15.127) + (13.296) \\ = 90.735 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (30.487 + 1.957) + 2.15 \times 8.5 + (13.296) \\ = 73.749 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -29.285 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.881 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -71.4 - -29.285 - -7.881 = -34.234 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-29.285 + -7.881) + 2.15 \times -34.234 + (2.103) + (17.357) + (-14.745) \\ = -117.203 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-29.285 + -7.881) + 2.15 \times -34.234 + (-14.745) \\ = -136.664 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강 의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트 의 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	2391.958
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	920.086
M_v : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	5504.601
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	598.630
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	167.847
S_v : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	572.534
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	54.280
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	92.039
M_{vt} : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	486.330

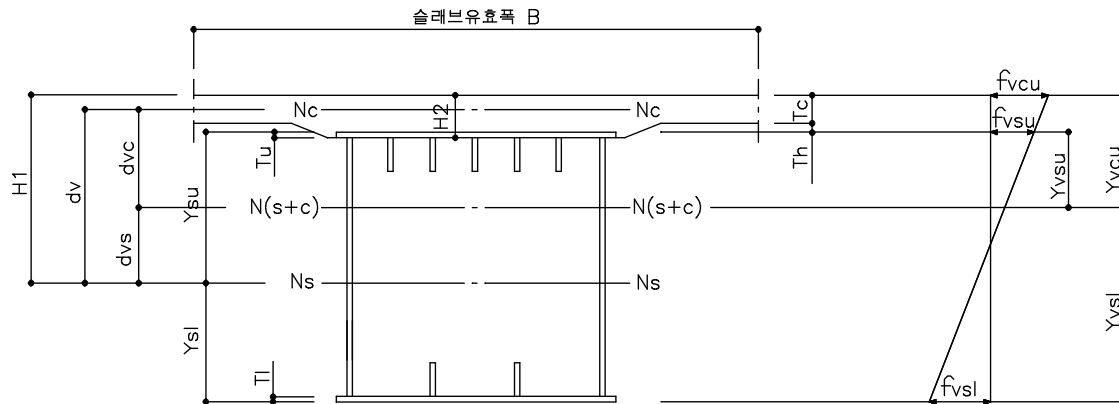
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5875.5	250.0	1468870.19	1375.0	2019696514	2777082707223	7650365585

* As = 157000 mm² , Ac = 1468870.19 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((U_L2 + U_R2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 17.590 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -16.897 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 10.752 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 340608.8 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 956295698 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 646.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 755.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 771.0 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 521.0 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 483.0 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1945.0 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 335572381589 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.264 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.179 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.324 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -5.333 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 3.518 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.581 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.068 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.922 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -31.906 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 13.133 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 248804.4 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 884.3 \text{ mm} \quad K = -0.162 \\
ds1 &= dv - dc1 = 517.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1009.3 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 759.3 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 721.3 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1706.7 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 282652022334 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 325196 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 325196 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 287576375 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.264 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.179 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.193 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.105 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.188 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.588 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 218202.925 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1008.3 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 393.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1133.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 883.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 845.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1582.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 255205689034.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3470206 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3499132443 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.805 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.782 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.026 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 19.419 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4626941 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2988848169 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.441 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.396 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.887 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 16.391 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 27.403 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	17.590	-16.897	177.975	190.000
1+2+3	1.845	1.247	10.800	10.800	26.837	-54.135	177.975	190.000
1+2+3+4	1.652	1.142	10.800	10.800	28.025	-52.547	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.153	-0.640	1.890	1.890	42.051	-33.128	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.594	-2.035	2.174	2.174	54.938	-16.737	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.288	0.756	12.420	12.420	29.164	-49.519	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{54.938}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{27.403}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.056 + 0.062 = 0.118 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-54.135}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{27.403}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.081 + 0.062 = 0.143 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/17.59)} = 3.287 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/54.938)} = 1.860 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.264 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.845 - 0.264 = 1.581 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.264 + 2.15 \times 1.581 + (-0.193) + (-1.805) + (1.441) \\ = 3.186 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.264 + 2.15 \times 1.581 + (1.441) \\ = 5.183 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 17.590 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.324 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 26.837 - 17.59 - 1.324 = 7.923 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (17.59 + 1.324) + 2.15 \times 7.923 + (1.188) + (14.026) + (12.887) \\ = 69.724 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (17.59 + 1.324) + 2.15 \times 7.923 + (12.887) \\ = 54.510 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -16.897 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -5.333 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -54.135 - -16.897 - -5.333 = -31.905 \text{ MPa}$$

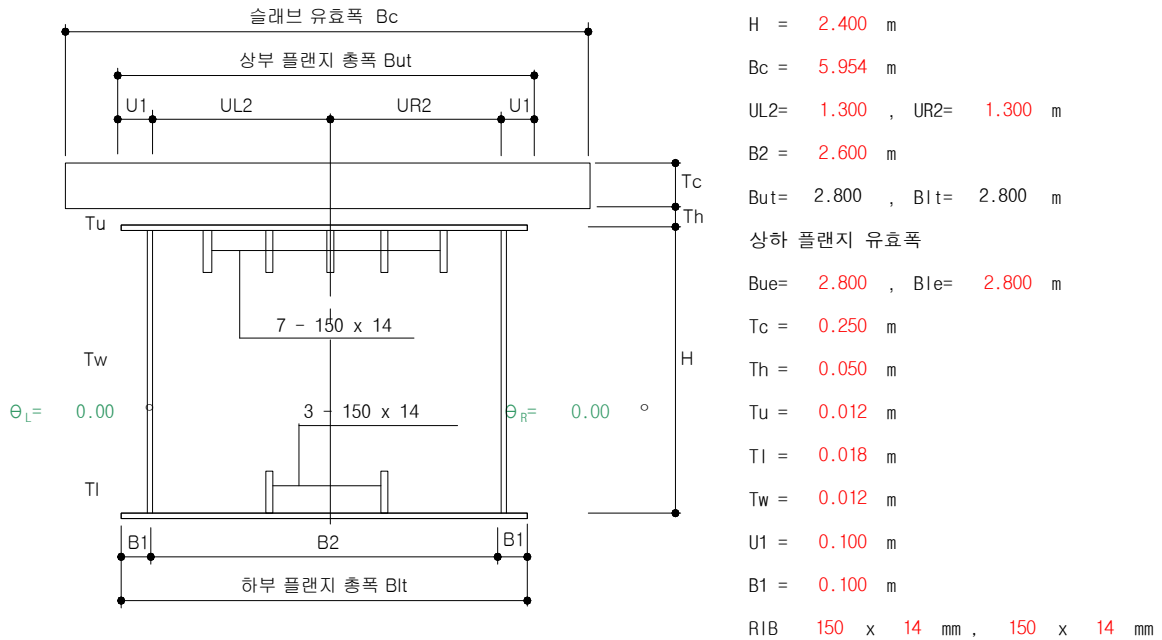
$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.897 + -5.333) + 2.15 \times -31.905 + (1.588) + (19.419) + (-16.391) \\ = -92.879 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.897 + -5.333) + 2.15 \times -31.905 + (-16.391) \\ = -113.886 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 17 > : 절점 46 로 부터 이격 거리 3.156 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



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	7097.818
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2189.883
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6703.787
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-999.981
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-274.016
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-593.446
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-187.863
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-140.861
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-714.566

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

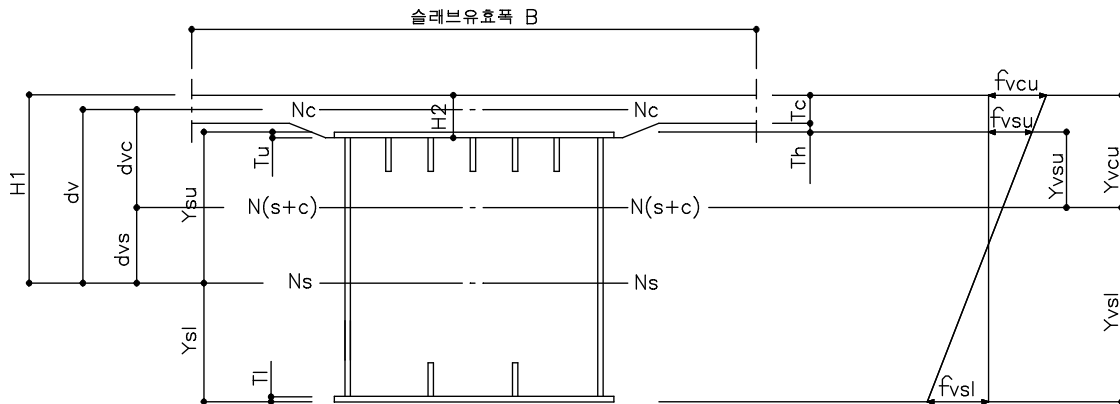
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5954.2	250.0	1488561.89	1375.0	2046772603	2814312329426	7752926527

* As = 162600 mm² , Ac = 1488561.89 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 51.578 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -46.384 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 18.602 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 348670.2 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 969115816 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 769.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1920.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 357571296453 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.611 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.419 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.121 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -11.761 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.682 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.869 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.283 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.555 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -36.003 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.993 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 255635.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 917.5 \text{ mm} \quad K = 0.161 \\
ds1 &= dv - dc1 = 524.9 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1042.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 792.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 754.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1675.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 299670563972 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 766534 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 766534 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 703270681 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.611 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.419 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.399 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.213 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.284 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.365 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 224623.412 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1044.1 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 398.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1169.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 919.1 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 881.1 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1548.9 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 269801082976.4 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3516727 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3671935633 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.603 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.626 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 17.587 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 12.262 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4688970 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154088972 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.177 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.222 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.172 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 10.721 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 39.276 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	51.578	-46.384	177.975	190.000
1+2+3	2.480	1.703	10.800	10.800	64.254	-94.147	177.975	190.000
1+2+3+4	2.081	1.490	10.800	10.800	67.538	-91.782	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.478	-0.137	10.800	1.890	85.125	-79.520	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.699	-1.358	2.174	2.174	99.297	-68.799	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.655	1.085	12.420	12.420	70.953	-90.241	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{99.297}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{39.276}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.184 + 0.127 = 0.312 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-94.147}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{39.276}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.246 + 0.127 = 0.373 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/51.578)} = 1.919 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/99.297)} = 1.383 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.611 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.48 - 0.611 = 1.869 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.611 + 2.15 \times 1.869 + (-0.399) + (-1.603) + (1.177) \\ = 3.988 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.611 + 2.15 \times 1.869 + (1.177) \\ = 5.990 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 51.578 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.121 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 64.254 - 51.578 - 3.121 = 9.555 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (51.578 + 3.121) + 2.15 \times 9.555 + (3.284) + (17.587) + (14.172) \\ = 126.694 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (51.578 + 3.121) + 2.15 \times 9.555 + (14.172) \\ = 105.824 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -46.384 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -11.761 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -94.147 - -46.384 - -11.761 = -36.003 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.384 + -11.761) + 2.15 \times -36.003 + (2.365) + (12.262) + (-10.721) \\ = -149.087 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.384 + -11.761) + 2.15 \times -36.003 + (-10.721) \\ = -163.715 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	13078.484
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3813.896
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	7925.214
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-354.217
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-95.226
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-428.437
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-65.488
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-36.209
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-453.751

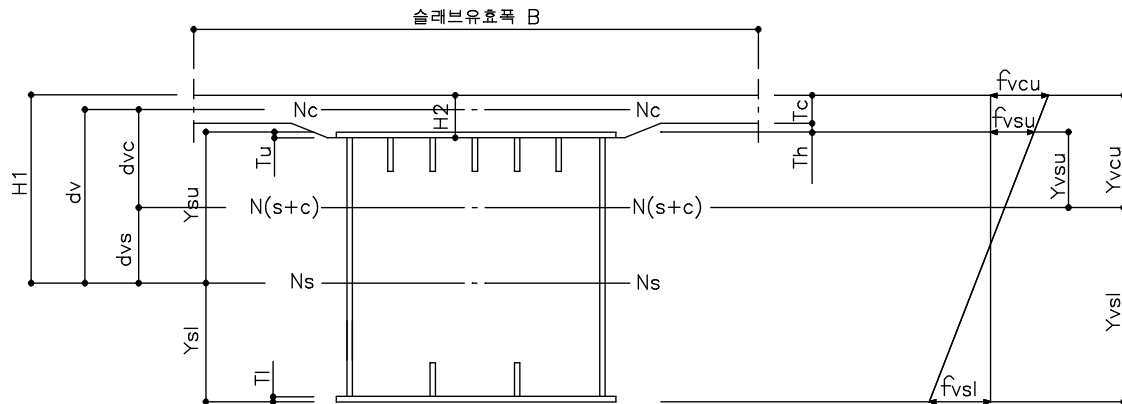
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5954.2	250.0	1488561.89	1375.0	2046772603	2814312329426	7752926527

* As = 162600 mm² , Ac = 1488561.89 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 95.037 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -85.467 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 6.582 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 348670.2 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 969115816 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 769.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1920.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 357571296453 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.063 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.730 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 5.436 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -20.483 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.891 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 2.210 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.517 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 11.296 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -42.562 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 10.416 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 255635.1 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 917.5 \text{ mm} \quad K = 0.381 \\
ds1 &= dv - dc1 = 524.9 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1042.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 792.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 754.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1675.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 299670563972 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1334995 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1334995 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 1224814859 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.063 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.730 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.636 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.327 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 6.397 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.613 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 224623.412 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1044.1 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 398.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1169.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 919.1 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 881.1 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1548.9 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 269801082976.4 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3516727 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3671935633 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.458 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.512 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 20.225 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 7.625 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4688970 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154088972 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.984 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.089 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.161 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 6.994 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 18.889 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

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	95.037	-85.467	177.975	190.000
1+2+3	3.273	2.247	10.800	10.800	111.770	-148.512	177.975	190.000
1+2+3+4	2.638	1.921	10.800	10.800	118.167	-145.899	204.671	190.000
1+2+3+4+5	1.180	0.409	10.800	10.800	138.392	-138.274	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	0.196	-0.680	12.420	2.174	153.553	-131.280	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	2.164	1.498	12.420	12.420	123.231	-145.269	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{138.392}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{18.889}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.457 + 0.029 = 0.487 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-148.512}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{18.889}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.611 + 0.029 = 0.640 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/95.037)} = 1.414 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.112) = 4.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/153.553)} = 1.112 < 1.2 \Rightarrow 1.112$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.063 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.273 - 1.063 = 2.210 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.063 + 2.15 \times 2.21 + (-0.636) + (-1.458) + (0.984) \\ = 5.025 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.063 + 2.15 \times 2.21 + (0.984) \\ = 7.118 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 95.037 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.436 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 111.77 - 95.037 - 5.436 = 11.296 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (95.037 + 5.436) + 2.15 \times 11.296 + (6.397) + (20.225) + (15.161) \\ = 196.686 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (95.037 + 5.436) + 2.15 \times 11.296 + (15.161) \\ = 170.063 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -85.467 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -20.483 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -148.512 - -85.467 - -20.483 = -42.563 \text{ MPa}$$

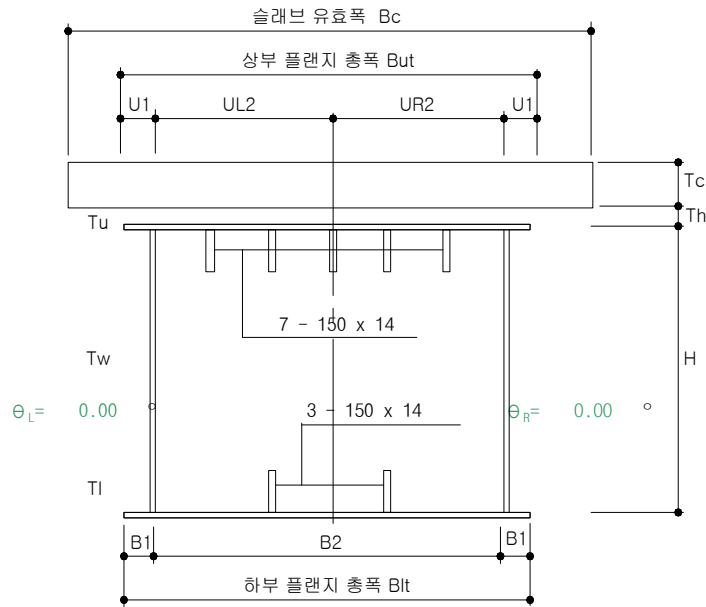
$$\Sigma f = 1.3 \times (-85.467 + -20.483) + 2.15 \times -42.563 + (2.613) + (7.625) + (-6.994) \\ = -226.001 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-85.467 + -20.483) + 2.15 \times -42.563 + (-6.994) \\ = -236.239 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.6 단 면 검 토

< S P L I C E - 19 > : 절점 51 로 부터 이격 거리 0.631 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 5.954 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 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	11228.586
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3267.188
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5790.974
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	650.968
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	180.559
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	523.189
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	142.230
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	160.878
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	818.321

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

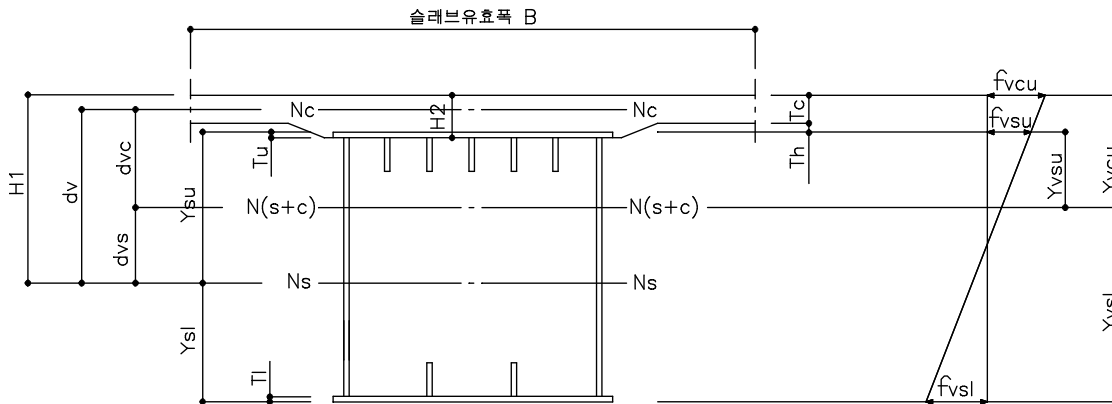
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1206.0	40521600	48869049600	403200
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
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5954.2	250.0	1488561.89	1375.0	2046772603	2814312329426	7752926527

* $A_s = 162600 \text{ mm}^2$, $A_c = 1488561.89 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 81.595 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -73.378 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 12.241 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 348670.2 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 969115816 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 769.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1920.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 357571296453 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.911 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.626 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.657 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -17.546 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 4.191 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.615 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.109 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.254 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -31.100 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.454 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 255635.1 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 917.5 \text{ mm} \quad K = 0.727 \\
ds1 &= dv - dc1 = 524.9 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1042.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 792.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 754.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1675.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 299670563972 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1143628 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1143628 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 1049242142 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.911 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.626 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.466 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.220 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 6.394 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.209 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 224623.412 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1044.1 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 398.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1169.1 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 919.1 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 881.1 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1548.9 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 269801082976.4 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3516727 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3671935633 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.228 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.331 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 24.374 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 0.331 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4688970 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154088972 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut1} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.680 \text{ MPa} \\
f_{clt1} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.880 \text{ MPa} \\
f_{sut1} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.716 \text{ MPa} \\
f_{slt1} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 1.133 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 30.885 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000 \\
\therefore \phi &= (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0
\end{aligned}$$

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)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.8 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 178.0$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.1 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 299.929 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

★ 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	81.595	-73.378	177.975	190.000
1+2+3	2.526	1.734	10.800	10.800	94.506	-122.025	177.975	190.000
1+2+3+4	2.060	1.514	10.800	10.800	100.900	-121.817	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.832	0.183	10.800	10.800	125.274	-121.485	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	0.152	-0.697	12.420	2.174	141.991	-120.352	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.512	1.063	12.420	12.420	108.558	-122.619	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{141.991}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{30.885}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.377 + 0.079 = 0.455 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-122.025}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{30.885}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.412 + 0.079 = 0.491 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/81.595)} = 1.526 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.157) = 4.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/141.991)} = 1.157 < 1.2 \Rightarrow 1.157$$

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

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

① 바닥 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.911 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.526 - 0.911 = 1.615 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.911 + 2.15 \times 1.615 + (-0.466) + (-1.228) + (0.68) \\ &= 3.642 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.911 + 2.15 \times 1.615 + (0.68) \\ &= 5.336 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 81.595 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.657 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 94.506 - 81.595 - 4.657 = 8.254 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (81.595 + 4.657) + 2.15 \times 8.254 + (6.394) + (24.374) + (16.716) \\ &= 177.358 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (81.595 + 4.657) + 2.15 \times 8.254 + (16.716) \\ &= 146.589 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -73.378 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -17.546 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -122.025 - -73.378 - -17.546 = -31.101 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-73.378 + -17.546) + 2.15 \times -31.101 + (0.209) + (0.331) + (-1.133) \\ &= -185.662 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-73.378 + -17.546) + 2.15 \times -31.101 + (-1.133) \\ &= -186.202 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.991 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

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	-8788.409
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2364.126
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6165.880
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1637.067
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	470.231
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	817.261
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	132.544
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	153.301
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	807.183
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

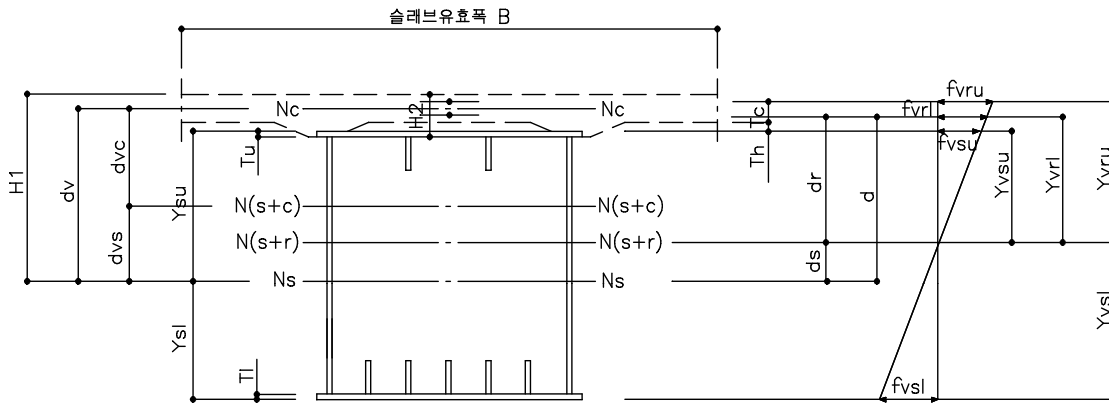
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			196136		-9450000	199232077122	27693016733
UPPER RE-BAR	-	-	19318	1440.00	27817920	40057804800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19318	1290.00	24920220	32147083800	-
RE-BAR 합계			38636		52738140	72204888600	-
1 - RC SLAB	4990.5	250.0	1247637	1375.00	1715501338	2358814339320	6498111128

$$* A_s = 196136 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1247637 \text{ mm}^2, \quad A_r = 38636 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 199232077122 + 27693016733 = 226925093855 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{196136} = -48.181 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 226925093855 - 196136 \times -48.181^2 = 226469785021 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -48.181 = 1272.181 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1272.181 - 2448.000 = -1175.819 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -49.368 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 45.629 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 29.294 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234772 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1413.181 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1180.616 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 232.564 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1255.616 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1105.616 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1039.616 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1408.384 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290931029169 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -10.203 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.984 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.448 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.445 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.166 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -26.611 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -23.432 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -22.033 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 29.849 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.466 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 352090.769 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1423.181 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 792.799 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 630.382 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 274113.436 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1018.327 \text{ mm} \quad K = -0.111 \\
ds1 &= dv - dc1 = 404.854 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 403245085004.9 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -724875 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -724875 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -738159478 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.734 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.776 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.795 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.484 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 248120.991 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1125.004 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 298.177 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3315998290 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 10.966 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 11.156 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 11.240 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.337 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3115744970 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.953 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.774 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 15.504 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.414 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 57.926 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-49.368	45.629	190.000	190.000
1+2+3	-36.814	-32.416	160.000	-79.850	86.922	190.000	190.000
1+2+3+4	-39.548	-35.193	160.000	-82.644	83.438	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-28.582	-24.036	160.000	-71.405	97.775	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-38.535	-33.811	184.000	-55.901	116.189	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-18.629	-14.262	184.000	-86.909	79.361	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-82.644}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{57.926}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.189 + 0.277 = 0.467 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{116.189}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{57.926}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.283 + 0.277 = 0.560 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/45.629)} = 2.041 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/116.189)} = 1.279 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -10.203 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -36.814 - -10.203 = -26.611 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.203 + 2.15 \times -26.611 + (-2.734) + (10.966) + (-9.953)$$

$$= -72.198 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.203 + 2.15 \times -26.611 + (-9.953)$$

$$= -80.431 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -49.368 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.448 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -79.85 - -49.368 - -8.448 = -22.034 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-49.368 + -8.448) + 2.15 \times -22.034 + (-2.795) + (11.24) + (-15.504)$$

$$= -129.592 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-49.368 + -8.448) + 2.15 \times -22.034 + (-15.504)$$

$$= -138.037 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 45.629 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.445 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 86.922 - 45.629 - 11.445 = 29.849 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (45.629 + 11.445) + 2.15 \times 29.849 + (-3.484) + (14.337) + (18.414)$$

$$= 167.637 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (45.629 + 11.445) + 2.15 \times 29.849 + (18.414)$$

$$= 156.785 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.991 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

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 선팽창계수		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	-9857.314
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2671.868
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5958.788
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1554.756
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-450.250
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-890.093
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-57.620
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-104.904
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-839.925
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

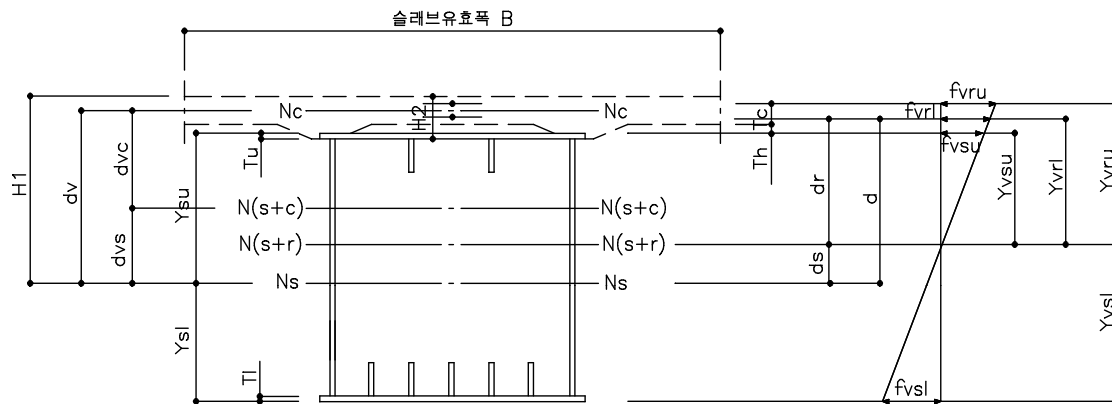
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			196136		-9450000	199232077122	27693016733
UPPER RE-BAR	-	-	19318	1440.00	27817920	40057804800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19318	1290.00	24920220	32147083800	-
RE-BAR 합계			38636		52738140	7220488600	-
1 - RC SLAB	4990.5	250.0	1247637	1375.00	1715501338	2358814339320	649811128

$$* A_s = 196136 \text{ mm}^2, A_c = 1247637 \text{ mm}^2, A_r = 38636 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 199232077122 + 27693016733 = 226925093855 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{196136} = -48.181 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 226925093855 - 196136 \times -48.181^2 = 226469785021 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 48.181 = 1272.181 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1272.181 - 2448.000 = -1175.819 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -55.373 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 51.179 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 27.371 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234772 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1413.181 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1180.616 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 232.564 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1255.616 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1105.616 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1039.616 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1408.384 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290931029169 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -11.531 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -10.154 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -9.548 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 12.934 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.503 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -25.717 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -22.645 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -21.293 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 28.846 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.945 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 352090.769 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1423.181 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 792.799 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 630.382 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 274113.436 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1018.327 \text{ mm} \quad K = -0.238 \\
ds1 &= dv - dc1 = 404.854 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 403245085004.9 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -819233 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -819233 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -834246859 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.633 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.735 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.780 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -4.451 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 248120.991 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1125.004 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 298.177 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_c/n2 = 2947543 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3315998290 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 9.149 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 9.556 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.735 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.375 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_c/n = 3930058 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3115744970 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \varepsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t = -11.661 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t = -11.278 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 14.090 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 20.330 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 56.819 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-55.373	51.179	190.000	190.000
1+2+3	-37.249	-32.799	160.000	-86.214	92.959	190.000	190.000
1+2+3+4	-39.881	-35.534	160.000	-88.994	88.509	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-30.732	-25.978	160.000	-79.259	104.884	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.393	-37.256	184.000	-65.169	125.214	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-19.072	-14.700	184.000	-93.349	84.554	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-88.994}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{56.819}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.219 + 0.267 = 0.486 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{125.214}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{56.819}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.328 + 0.267 = 0.595 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/51.179)} = 1.927 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/125.214)} = 1.232 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -11.531 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -37.249 - -11.531 = -25.717 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.531 + 2.15 \times -25.717 + (-2.633) + (9.149) + (-11.661) \\ = -75.427 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.531 + 2.15 \times -25.717 + (-11.661) \\ = -81.943 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -55.373 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.548 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -86.214 - -55.373 - -9.548 = -21.293 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-55.373 + -9.548) + 2.15 \times -21.293 + (-2.78) + (9.735) + (-14.09) \\ = -137.312 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-55.373 + -9.548) + 2.15 \times -21.293 + (-14.09) \\ = -144.267 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 51.179 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 12.934 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 92.959 - 51.179 - 12.934 = 28.846 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (51.179 + 12.934) + 2.15 \times 28.846 + (-4.451) + (16.375) + (20.33) \\ = 177.620 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (51.179 + 12.934) + 2.15 \times 28.846 + (20.33) \\ = 165.696 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



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
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-9016.505
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2458.191
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6674.341
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1513.085
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	439.034
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	881.990
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	55.278
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	112.446
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	845.748
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

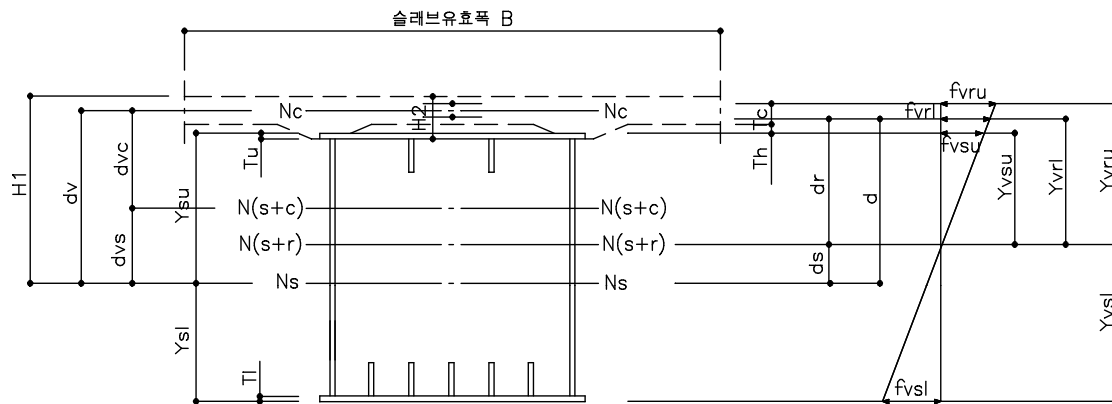
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	19638	1440.00	28278720	40721356800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19638	1290.00	25333020	32679595800	-
RE-BAR 합계			39276		53611740	73400952600	-
1 - RC SLAB	5073.0	250.0	1268253	1375.00	1743848343	2397791471883	6605486148

* $A_s = 197722 \text{ mm}^2$, $A_c = 1268253 \text{ mm}^2$, $A_r = 39276 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -50.118 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 46.351 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 26.633 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 236998 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1178.662 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 234.133 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1253.662 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1103.662 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1037.662 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1410.338 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 294205402643 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -10.475 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -9.221 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.670 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.784 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.357 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -28.441 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -25.038 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -23.540 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 31.995 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.842 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 356253.418 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 789.655 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 633.139 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276987.584 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1015.632 \text{ mm} \quad K = 0.022 \\
ds1 &= dv - dc1 = 407.163 \text{ mm} \\
lcv &= Is + lc/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 407741480839.5 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot lcv) = -754717 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -754717 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -766514941 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.256 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.248 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.244 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.104 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 250565.639 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.729 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 300.065 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2996249 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3363976258 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 12.958 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.920 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.904 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 12.288 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3994998 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154671440 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.048 \text{ MPa} \\
f_{rllt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.083 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.101 \text{ MPa} \\
f_{sllt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.524 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 55.832 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-50.118	46.351	190.000	190.000
1+2+3	-38.915	-34.259	160.000	-82.328	90.130	190.000	190.000
1+2+3+4	-42.172	-37.507	160.000	-85.572	87.026	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-29.214	-24.587	160.000	-72.669	99.314	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-37.261	-32.670	184.000	-55.567	115.838	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-21.166	-16.504	184.000	-89.770	82.790	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-85.572}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.832}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.203 + 0.258 = 0.460 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{115.838}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{55.832}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.281 + 0.258 = 0.539 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/46.351)} = 2.025 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/115.838)} = 1.281 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -10.475 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -38.915 - -10.475 = -28.441 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.475 + 2.15 \times -28.441 + (-3.256) + (12.958) + (-8.048)$$

$$= -73.110 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.475 + 2.15 \times -28.441 + (-8.048)$$

$$= -82.812 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -50.118 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.670 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -82.328 - -50.118 - -8.67 = -23.540 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.118 + -8.67) + 2.15 \times -23.54 + (-3.244) + (12.904) + (-17.101)$$

$$= -134.478 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.118 + -8.67) + 2.15 \times -23.54 + (-17.101)$$

$$= -144.138 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 46.351 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.784 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 90.13 - 46.351 - 11.784 = 31.995 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (46.351 + 11.784) + 2.15 \times 31.995 + (-3.104) + (12.288) + (16.524)$$

$$= 170.073 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (46.351 + 11.784) + 2.15 \times 31.995 + (16.524)$$

$$= 160.889 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 5.073 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

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

Technical drawing of a column cross-section showing dimensions and reinforcement details.

Dimensions:

- B_c : Total width of the column.
- B_1 : Width of the outer reinforcement zone.
- B_2 : Width of the inner reinforcement zone.
- H : Total height of the column.
- T_c : Thickness of the top slab.
- T_h : Thickness of the horizontal reinforcement.
- T_l : Thickness of the bottom slab.
- T_w : Thickness of the wall.
- U_1 : Width of the outer reinforcement zone.
- U_2 : Width of the inner reinforcement zone.
- U_3 : Width of the outer reinforcement zone.
- U_4 : Width of the inner reinforcement zone.

Reinforcement Details:

- Top reinforcement: 3 - 150 x 14
- Bottom reinforcement: 7 - 150 x 14
- Outer reinforcement: 3 - 150 x 14
- Inner reinforcement: 7 - 150 x 14

Labels:

- 상부 플랜지 총폭 But (Top Flange Total Width But)
- 하부 플랜지 총폭 Blt (Bottom Flange Total Width Blt)
- $\Theta_L = 0.00$
- $\Theta_R = 0.00^\circ$

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강 의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트 의 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	-8784.325
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2393.032
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6541.097
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1557.099
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-451.297
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-906.551
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-76.248
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-117.548
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-850.631
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

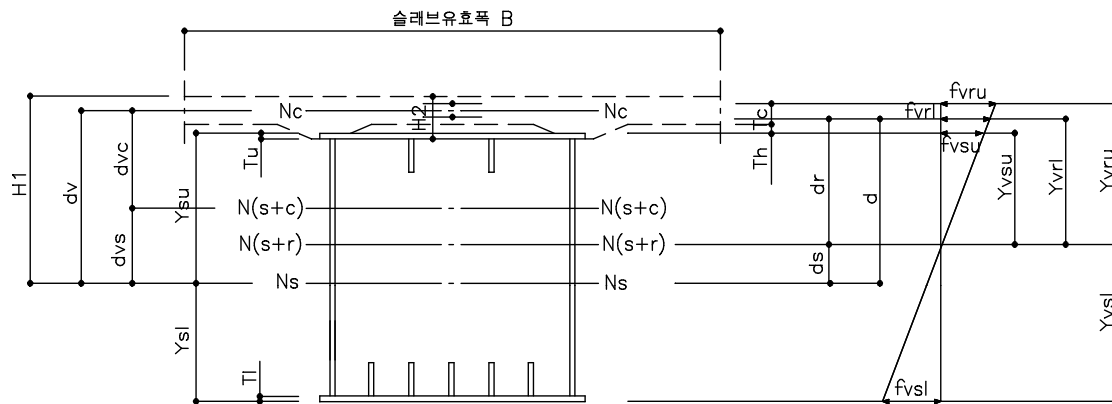
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	19638	1440.00	28278720	40721356800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19638	1290.00	25333020	32679595800	-
RE-BAR 합계			39276		53611740	73400952600	-
1 - RC SLAB	5073.0	250.0	1268253	1375.00	1743848343	2397791471883	6605486148

* As = 197722 mm² , Ac = 1268253 mm² , Ar = 39276 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -48.827 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 45.158 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 27.535 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 236998 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1178.662 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 234.133 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1253.662 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1103.662 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1037.662 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1410.338 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 294205402643 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -10.197 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.977 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.440 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.472 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.604 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -27.873 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -24.538 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -23.070 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 31.356 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.301 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 356253.418 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 789.655 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 633.139 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276987.584 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1015.632 \text{ mm} \quad K = 0.057 \\
ds1 &= dv - dc1 = 407.163 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 407741480839.5 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -734712 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -734712 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -746197013 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.281 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.260 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.250 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.896 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 250565.639 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.729 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 300.065 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2996249 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3363976258 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 13.460 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 13.362 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.319 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.723 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3994998 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154671440 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.577 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.669 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.491 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.995 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 57.439 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-48.827	45.158	190.000	190.000
1+2+3	-38.070	-33.515	160.000	-80.338	87.985	190.000	190.000
1+2+3+4	-41.351	-36.775	160.000	-83.588	85.089	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-27.892	-23.413	160.000	-70.269	96.812	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-35.469	-31.081	184.000	-52.778	112.807	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-20.315	-15.744	184.000	-87.760	80.818	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-83.588}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{57.439}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.194 + 0.273 = 0.466 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{112.807}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{57.439}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.267 + 0.273 = 0.539 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/45.158)} = 2.051 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/112.807)} = 1.298 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -10.197 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -38.07 - 10.197 = -27.873 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.197 + 2.15 \times -27.873 + (-3.281) + (13.46) + (-7.577) \\ = -70.582 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.197 + 2.15 \times -27.873 + (-7.577) \\ = -80.760 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -48.827 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.440 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -80.338 - 48.827 - 8.44 = -23.071 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-48.827 + -8.44) + 2.15 \times -23.071 + (-3.25) + (13.319) + (-17.491) \\ = -131.472 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-48.827 + -8.44) + 2.15 \times -23.071 + (-17.491) \\ = -141.541 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 45.158 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.472 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 87.985 - 45.158 - 11.472 = 31.356 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (45.158 + 11.472) + 2.15 \times 31.356 + (-2.896) + (11.723) + (15.995) \\ = 165.855 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (45.158 + 11.472) + 2.15 \times 31.356 + (15.995) \\ = 157.028 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 5.073 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

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강 의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트 의 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	-7536.528
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2091.478
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6495.253
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1497.056
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	436.731
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	898.231
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	80.884
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	118.803
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	853.755
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

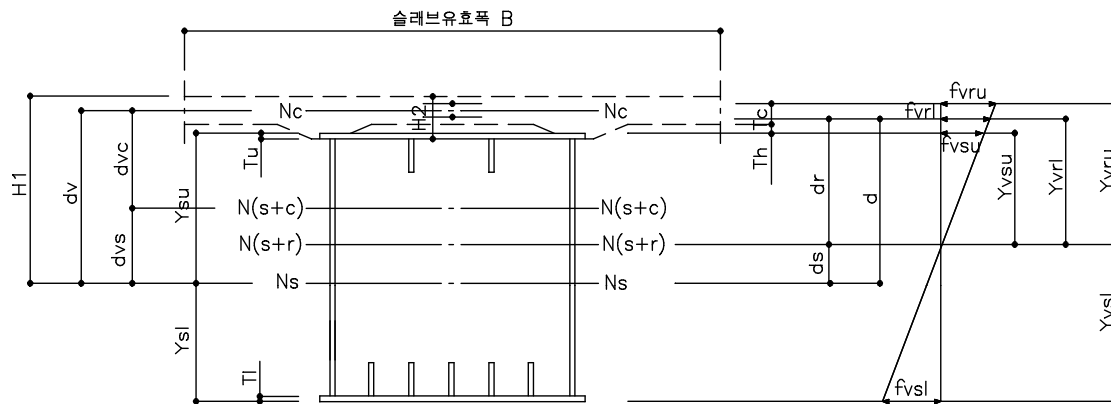
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	19638	1440.00	28278720	40721356800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19638	1290.00	25333020	32679595800	-
RE-BAR 합계			39276		53611740	73400952600	-
1 - RC SLAB	5073.0	250.0	1268253	1375.00	1743848343	2397791471883	6605486148

$$* A_s = 197722 \text{ mm}^2, A_c = 1268253 \text{ mm}^2, A_r = 39276 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{197722} = -47.794 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -41.892 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 38.743 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 26.523 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 236998 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1178.662 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 234.133 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1253.662 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1103.662 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1037.662 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1410.338 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 294205402643 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -8.912 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -7.846 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -7.377 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 10.026 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.359 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -27.677 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -24.366 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -22.909 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 31.136 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.177 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 356253.418 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 789.655 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 633.139 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276987.584 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1015.632 \text{ mm} \quad K = 0.064 \\
ds1 &= dv - dc1 = 407.163 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 407741480839.5 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -642129 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -642129 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -652166221 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.887 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.866 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.857 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.509 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 250565.639 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.729 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 300.065 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2996249 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3363976258 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 13.560 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 13.450 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.402 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.610 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3994998 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154671440 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.483 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.586 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.569 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.889 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 56.059 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-41.892	38.743	190.000	190.000
1+2+3	-36.590	-32.212	160.000	-72.177	79.905	190.000	190.000
1+2+3+4	-39.477	-35.078	160.000	-75.034	77.396	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-25.917	-21.628	160.000	-61.632	89.006	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-33.400	-29.213	184.000	-44.063	104.895	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-18.434	-14.042	184.000	-79.201	73.118	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-75.034}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{56.059}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.156 + 0.260 = 0.416 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{104.895}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{56.059}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.230 + 0.260 = 0.490 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/38.743)} = 2.215 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/104.895)} = 1.346 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -8.912 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -36.59 - -8.912 = -27.677 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -8.912 + 2.15 \times -27.677 + (-2.887) + (13.56) + (-7.483) \\ = -67.903 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -8.912 + 2.15 \times -27.677 + (-7.483) \\ = -78.575 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -41.892 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -7.377 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -72.177 - -41.892 - -7.377 = -22.908 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.892 + -7.377) + 2.15 \times -22.908 + (-2.857) + (13.402) + (-17.569) \\ = -120.326 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.892 + -7.377) + 2.15 \times -22.908 + (-17.569) \\ = -130.871 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 38.743 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 10.026 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 79.905 - 38.743 - 10.026 = 31.136 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (38.743 + 10.026) + 2.15 \times 31.136 + (-2.509) + (11.61) + (15.889) \\ = 155.333 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (38.743 + 10.026) + 2.15 \times 31.136 + (15.889) \\ = 146.232 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 5.073 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

슬래브 유효폭 B_c

상부 플랜지 총폭 But

U1 UL2 UR2 U1

Tc

Th

Tu

Tw

Tl

Tb

B1 B2 B1

하부 플랜지 총폭 Blf

3 - 150 x 14

7 - 150 x 14

$\theta_L = 0.00$

$\theta_R = 0.00$

H

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강 의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트 의 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
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8058.912
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2223.780
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6591.370
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1400.862
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-412.366
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-880.350
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-37.416
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-106.894
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-850.483
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

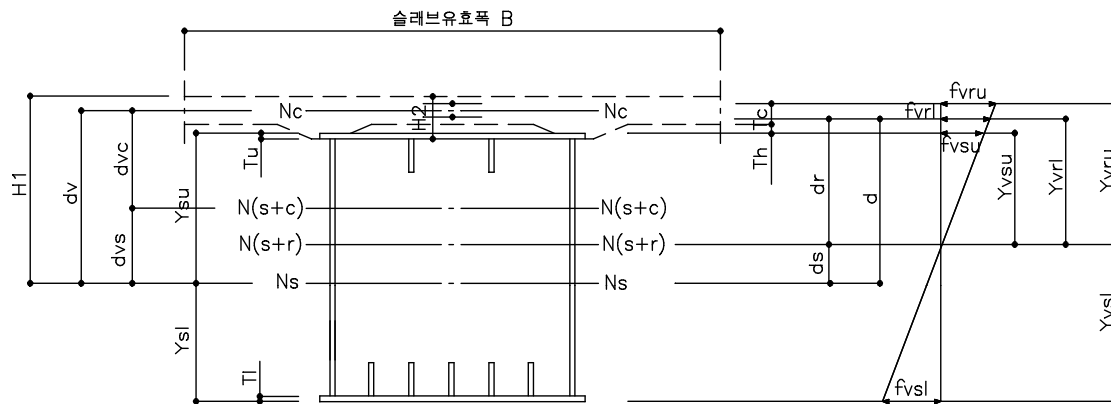
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	19638	1440.00	28278720	40721356800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19638	1290.00	25333020	32679595800	-
RE-BAR 합계			39276		53611740	73400952600	-
1 - RC SLAB	5073.0	250.0	1268253	1375.00	1743848343	2397791471883	6605486148

$$* A_s = 197722 \text{ mm}^2, A_c = 1268253 \text{ mm}^2, A_r = 39276 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{197722} = -47.794 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -44.795 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 41.428 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 24.567 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 236998 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1178.662 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 234.133 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1253.662 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1103.662 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1037.662 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1410.338 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 294205402643 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.476 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.342 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -7.843 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 10.660 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.858 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -28.087 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -24.726 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -23.248 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 31.597 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.845 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 356253.418 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 789.655 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 633.139 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276987.584 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1015.632 \text{ mm} \quad K = 0.028 \\
ds1 &= dv - dc1 = 407.163 \text{ mm} \\
lcv &= Is + lc/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 407741480839.5 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot lcv) = -682748 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -682748 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -693420729 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.964 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.954 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.949 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.788 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 250565.639 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.729 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 300.065 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2996249 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3363976258 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 13.044 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.996 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.975 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 12.191 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3994998 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3154671440 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.967 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.012 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.168 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.433 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 53.270 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-44.795	41.428	190.000	190.000
1+2+3	-37.563	-33.069	160.000	-75.886	83.686	190.000	190.000
1+2+3+4	-40.526	-36.022	160.000	-78.836	80.898	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-27.483	-23.026	160.000	-65.861	93.089	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-35.450	-31.038	184.000	-48.693	109.522	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-19.516	-15.014	184.000	-83.029	76.656	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-78.836}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.270}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.172 + 0.235 = 0.407 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{109.522}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{53.270}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.251 + 0.235 = 0.486 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/41.428)} = 2.142 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/109.522)} = 1.317 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -9.476 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -37.563 - 9.476 = -28.087 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.476 + 2.15 \times -28.087 + (-2.964) + (13.044) + (-7.967) \\ = -70.592 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.476 + 2.15 \times -28.087 + (-7.967) \\ = -80.673 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -44.795 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -7.843 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -75.886 - 44.795 - 7.843 = -23.248 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.795 + -7.843) + 2.15 \times -23.248 + (-2.949) + (12.975) + (-17.168) \\ = -125.556 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.795 + -7.843) + 2.15 \times -23.248 + (-17.168) \\ = -135.581 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 41.428 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 10.660 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 83.686 - 41.428 - 10.66 = 31.598 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.428 + 10.66) + 2.15 \times 31.598 + (-2.788) + (12.191) + (16.433) \\ = 161.486 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.428 + 10.66) + 2.15 \times 31.598 + (16.433) \\ = 152.083 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 5.068 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.480 , Ble= 2.480 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

스래브 유효폭 Bc

상부 플랜지 총폭 But

U1 UL2 UR2 U1

Tu

3 - 150 x 14

Tw

7 - 150 x 14

Θ_L = 0.00

Θ_R = 0.00 °

Tl

B1 B2 B1

하부 플랜지 총폭 BIt

Tc

Th

H

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	-13330.763
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3564.988
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6783.036
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1655.101
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	479.474
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	906.005
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	20.823
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	88.170
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	853.408
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 234.036 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1253.783 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1103.783 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1037.783 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1410.217 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 294000461202 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -15.203 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -13.384 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -12.584 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 17.100 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.901 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -28.927 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -25.466 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -23.943 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 32.536 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.309 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 355992.021 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.818 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 789.851 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 632.967 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276807.219 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1015.800 \text{ mm} \quad K = -0.257 \\
ds1 &= dv - dc1 = 407.018 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 407459613684.6 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1094437 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1094437 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1111729307 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.402 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.548 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.612 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.991 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 250412.285 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.872 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 299.947 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2993186 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3360962766 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.953 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 9.394 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.588 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.780 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3990914 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3152229327 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.805 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.392 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.990 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 20.735 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 59.082 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-74.147	68.572	190.000	190.000
1+2+3	-44.130	-38.850	160.000	-110.675	118.208	190.000	190.000
1+2+3+4	-47.532	-42.398	160.000	-114.287	112.217	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-38.579	-33.004	160.000	-104.699	128.997	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-50.384	-44.396	184.000	-90.709	149.732	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-26.773	-21.612	184.000	-118.688	108.262	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-114.287}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.082}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.362 + 0.288 = 0.650 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{149.732}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{59.082}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.470 + 0.288 = 0.758 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/68.572)} = 1.665 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.126) = 9.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/149.732)} = 1.126 < 1.2 \Rightarrow 1.126$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -15.203 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -44.13 - 15.203 = -28.927 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -15.203 + 2.15 \times -28.927 + (-3.402) + (8.953) + (-11.805) \\ = -88.211 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -15.203 + 2.15 \times -28.927 + (-11.805) \\ = -93.762 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -74.147 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -12.584 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -110.675 - 74.147 - 12.584 = -23.944 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-74.147 + -12.584) + 2.15 \times -23.944 + (-3.612) + (9.588) + (-13.99) \\ = -172.243 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-74.147 + -12.584) + 2.15 \times -23.944 + (-13.99) \\ = -178.219 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 68.572 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 17.100 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 118.208 - 68.572 - 17.1 = 32.536 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (68.572 + 17.1) + 2.15 \times 32.536 + (-5.991) + (16.78) + (20.735) \\ = 212.850 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (68.572 + 17.1) + 2.15 \times 32.536 + (20.735) \\ = 202.061 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

주부재사용강종 = SM490 B



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
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8910.903
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2314.645
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5929.671
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1826.119
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-522.267
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-864.749
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-205.172
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-178.540
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-925.794
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

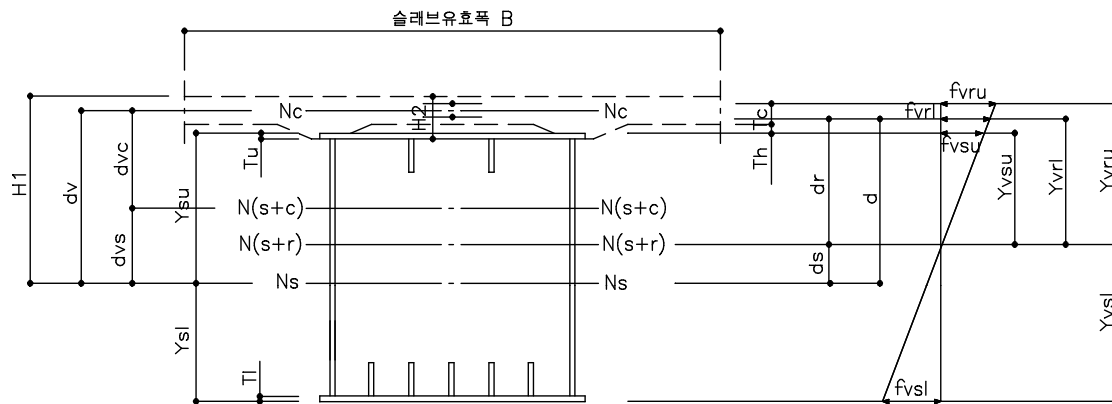
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2479.6	24.0	59511	1212.00	72127585	87418632747	2856538
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2479.6	24.0	59511	-1212.00	-72127585	87418632747	2856538
강단면 합계			197622		-9450000	201415390494	27693088076
UPPER RE-BAR	-	-	19618	1440.00	28249920	40679884800	-
LOWER RE-BAR	-	-	19618	1290.00	25307220	32646313800	-
RE-BAR 합계			39236		53557140	73326198600	-
1 - RC SLAB	5067.8	250.0	1266957	1375.00	1742065639	2395340253883	6598733482

* $A_s = 197622 \text{ mm}^2$, $A_c = 1266957 \text{ mm}^2$, $A_r = 39236 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201415390494 + 27693088076 = 229108478570 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197622 = -47.818 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229108478570 - 197622 \times -47.818^2 = 228656594106 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.818 = 1271.818 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.818 - 2448.000 = -1176.182 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -49.564 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 45.837 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 33.054 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 236858 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.818 \text{ mm} \\
 d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1178.783 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 234.036 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1253.783 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1103.783 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1037.783 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1410.217 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 294000461202 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.871 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.690 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.170 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.103 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 10.235 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -25.287 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -22.262 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.931 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 28.443 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.067 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 355992.021 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.818 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 789.851 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 632.967 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276807.219 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1015.800 \text{ mm} \quad K = -0.122 \\
ds1 &= dv - dc1 = 407.018 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 407459613684.6 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -710587 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -710587 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -721814121 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.625 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.669 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.689 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.422 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 250412.285 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.872 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 299.947 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2993186 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3360962766 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 10.888 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 11.098 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 11.190 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.604 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3990914 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3152229327 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.991 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.794 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 15.492 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.694 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 64.355 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

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 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-49.564	45.837	190.000	190.000
1+2+3	-35.158	-30.952	160.000	-78.665	85.382	190.000	190.000
1+2+3+4	-37.783	-33.622	160.000	-81.354	81.959	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-26.894	-22.524	160.000	-70.165	96.563	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-36.885	-32.318	184.000	-54.673	115.257	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-16.904	-12.729	184.000	-85.656	77.869	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-81.354}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{64.355}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.183 + 0.342 = 0.526 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{115.257}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{64.355}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.278 + 0.342 = 0.621 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 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)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/45.837)} = 2.036 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/115.257)} = 1.284 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -9.871 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -35.158 - 9.871 = -25.287 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.871 + 2.15 \times -25.287 + (-2.625) + (10.888) + (-9.991) \\ = -68.927 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.871 + 2.15 \times -25.287 + (-9.991) \\ = -77.191 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -49.564 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.170 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -78.665 - 49.564 - 8.17 = -20.931 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-49.564 + -8.17) + 2.15 \times -20.931 + (-2.689) + (11.19) + (-15.492) \\ = -127.047 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-49.564 + -8.17) + 2.15 \times -20.931 + (-15.492) \\ = -135.547 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 45.837 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.103 \text{ MPa}$$

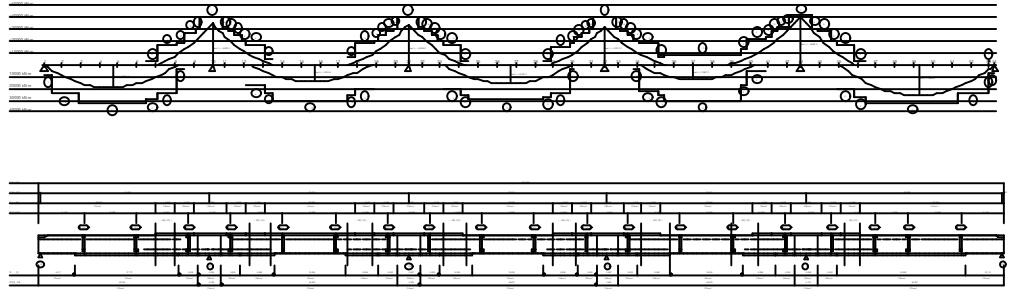
$$\text{합성후 활하중 응력} = 85.382 - 45.837 - 11.103 = 28.442 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (45.837 + 11.103) + 2.15 \times 28.442 + (-3.422) + (14.604) + (18.694) \\ = 165.047 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

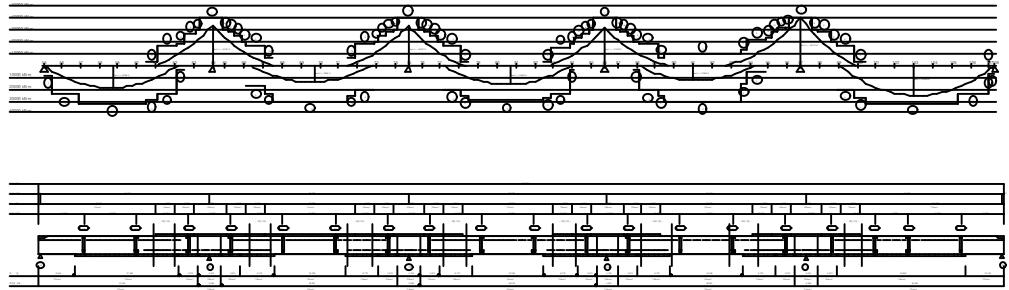
$$\Sigma f = 1.3 \times (45.837 + 11.103) + 2.15 \times 28.442 + (18.694) \\ = 153.866 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.6 단면 요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.545\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.803\text{E}+05 \times 1.700\text{E}+07}{3.57016\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4085 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(354.50 kN) , S_v : 합성후 전단력(580.29 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (512.00 - 6.0) = 17001600 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.57016\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

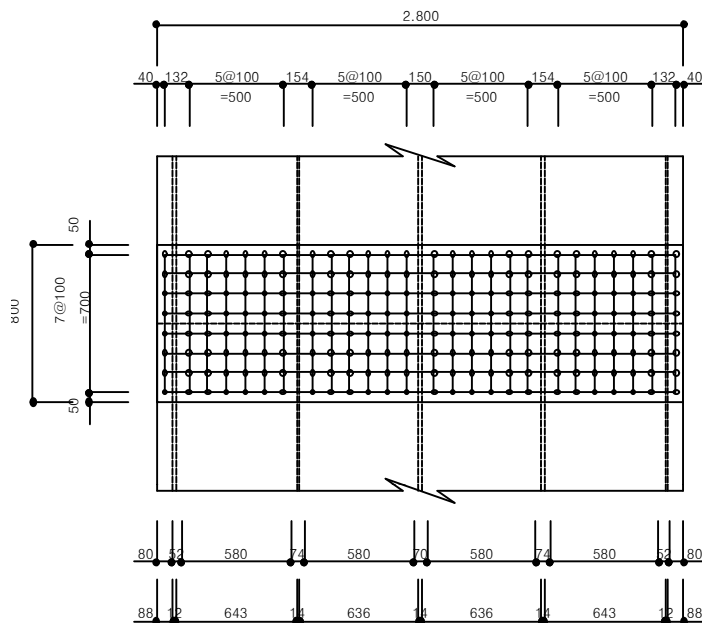
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 4084.6^2)} = 61520.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 101.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

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

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.545E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{5.803E+05 \times 9.621E+07}{3.57016E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7329 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(354.504 kN) , S_v : 합성후 전단력(580.291 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1918.00 - 9.0) = 96213600 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.57016E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 7329.3^2)} = 69445.6 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

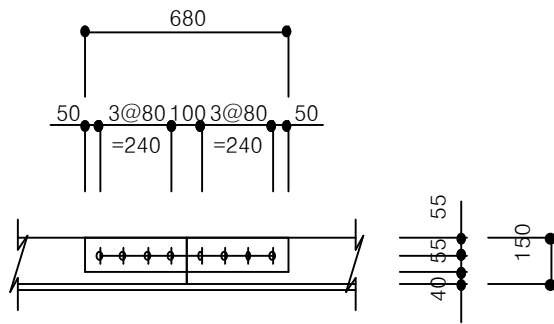
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

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

$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{934.8 \times 1000}{2} + \frac{717.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 10427.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 10427.5^2)} = 67000.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1918.00 - 1200.00)^2 = 28671091200 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8865.2 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 699.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 8009.3 \times \frac{2.86711E+10}{3.57016E+11} = 643.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s = 8865.2 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v = 8009.3 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , I_s = 1.76066E+11 mm⁴

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , I_v = 3.57016E+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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1918.00 - 1200.00)^2 = 4.22793E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 512.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{699.602 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{643.208 \times 1000000}{42279288533} \times 512.000 \\ &= 46.394 + 7.789 = 54.183 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K \end{aligned}$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

모재길이: $L = 2800$ 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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.507\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{6.747\text{E}+05 \times 1.700\text{E}+07}{3.57016\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6829 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(650.65 kN) , S_v : 합성후 전단력(674.65 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (512.00 - 6.0) = 17001600 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.57016\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

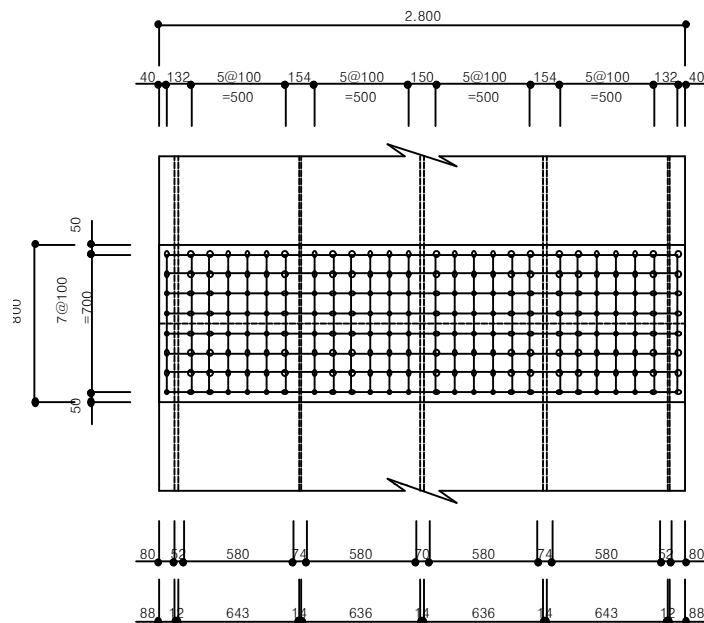
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 6829.4^2)} = 61763.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 92.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.507E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{6.747E+05 \times 9.621E+07}{3.57016E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 10620 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(650.653 kN) , S_v : 합성후 전단력(674.650 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1918.00 - 9.0) = 96213600 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.57016E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 10619.5^2)} = 69869.5 \text{ N/EA} < p_a, \quad 0.K$$

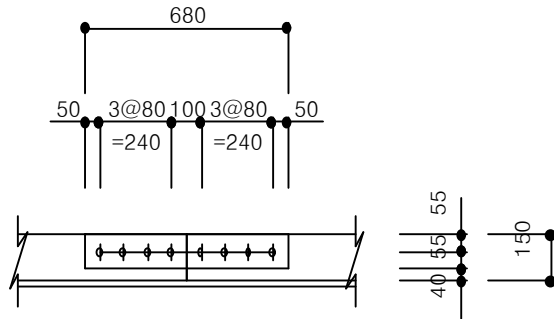
④ 모재의 응력검토

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

$$n = \frac{A_s f_s}{\phi a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

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

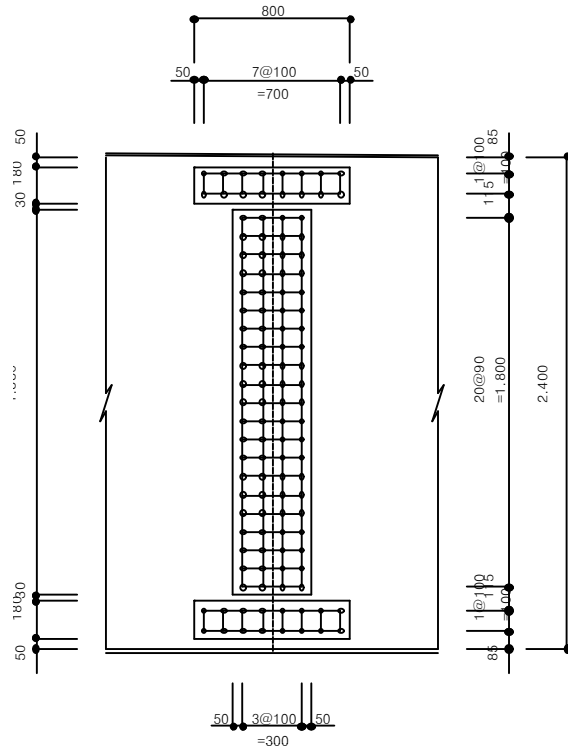
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

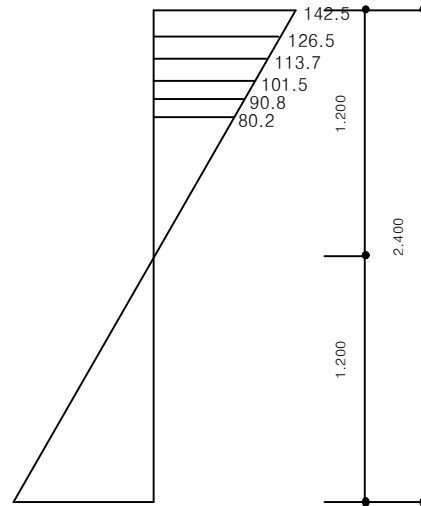
① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2400 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht), \quad ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1325.3 \times 1000}{2} + \frac{726.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 13822.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 13822.3^2)} = 67612.5 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1918.00 - 1200.00)^2 = 28671091200 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7010.9 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 553.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8674.5 \times \frac{2.86711E+10}{3.57016E+11} = 696.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 7010.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8674.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.57016E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1918.00 - 1200.00)^2 = 4.22793E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 512.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{553.271 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{696.630 \times 1000000}{42279288533} \times 512.000 \\
 &= 36.690 + 8.436 = 45.126 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{553.271 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{696.630 \times 1000000}{42279288533} \times 1918.000 \\
 &= 32.995 + 31.603 = 64.598 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

3) SPLICE - 3 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8788.410 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8530.010 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1637.070 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1287.490 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1093.030 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -82.6 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 116.2 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

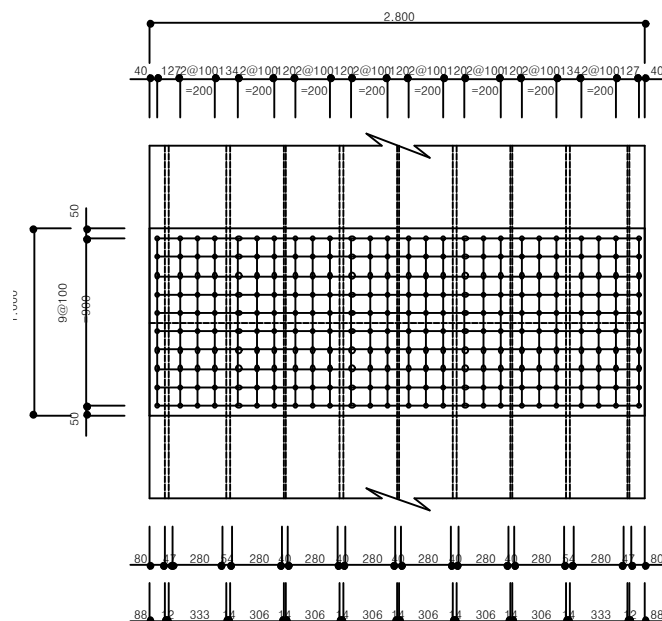
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 116.2 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

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

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.637\text{E}+06 \times 7.821\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.287\text{E}+06 \times 9.384\text{E}+07}{2.90932\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21121 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1637.07 kN) , S_v : 합성후 전단력(1287.49 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1175.82 - 12.0) = 78208704 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1408.39 - 12.0) = 93837408 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.90932\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

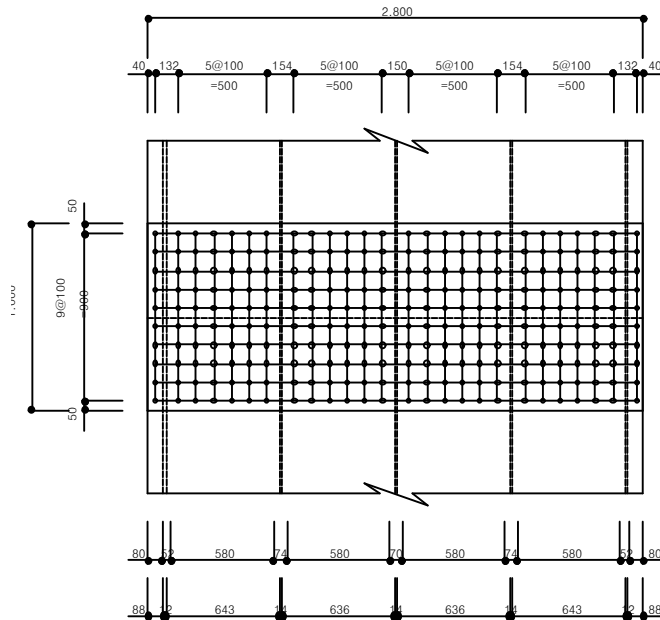
$$p = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 21120.8^2)} = 76629.7 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 82.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.637\text{E}+06 \times 8.468\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.287\text{E}+06 \times 6.906\text{E}+07}{2.90932\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19767 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1637.070 kN) , S_v : 합성후 전단력(1287.490 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1272.18 - 12.0) = 84684096 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1039.61 - 12.0) = 69055392 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90932\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 19766.9^2)} = 76267.7 \text{ N/EA} < p_a, \quad \text{O.K}$$

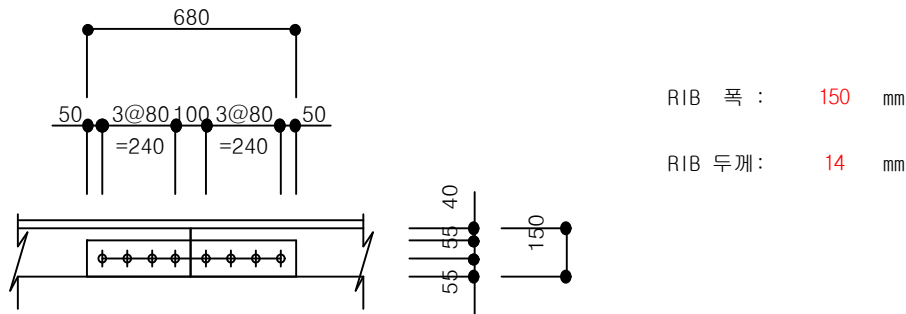
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\phi a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

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

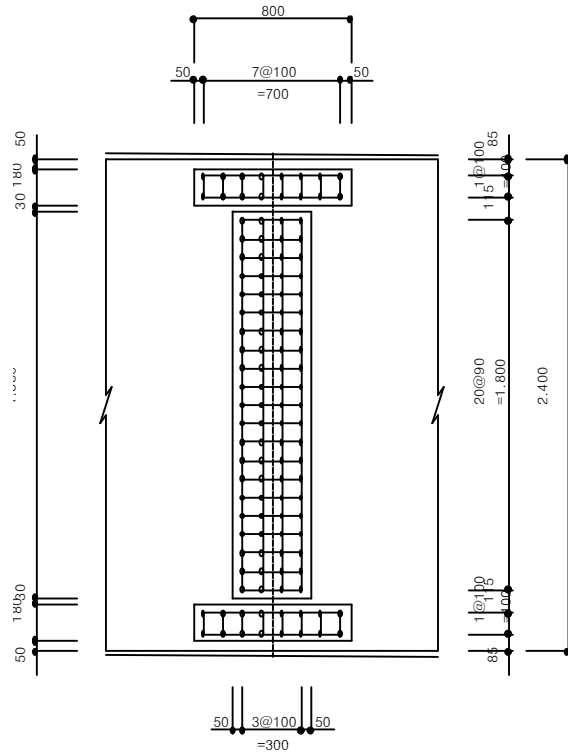
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

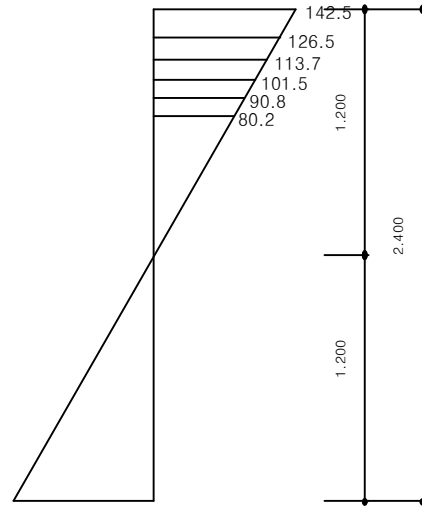
① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2400 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht), \quad ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2924.6 \times 1000}{2} + \frac{1093.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 28819.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 28819.2^2)} = 72186.8 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 13840838565 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1408.39 - 1200.00)^2 = 15074680092 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8788.4 \times \frac{1.38408E+10}{2.26470E+11} = 537.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8530.0 \times \frac{1.50747E+10}{2.90932E+11} = 442.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 8788.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8530.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 2.26470E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 2.90932E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 1.92100E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1408.39 - 1200.00)^2 = 2.11293E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1272.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1175.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1039.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1408.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{537.109 \times 1000000}{19210006657} \times 1272.180 + \frac{441.983 \times 1000000}{21129315699} \times 1039.610 \\
 &= 35.570 + 21.747 = 57.317 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{537.109 \times 1000000}{19210006657} \times 1175.820 + \frac{441.983 \times 1000000}{21129315699} \times 1408.390 \\
 &= 32.876 + 29.461 = 62.336 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

4) SPLICE - 4 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -9857.310 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8630.660 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1554.760 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1340.340 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1002.450 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -89.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 125.2 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

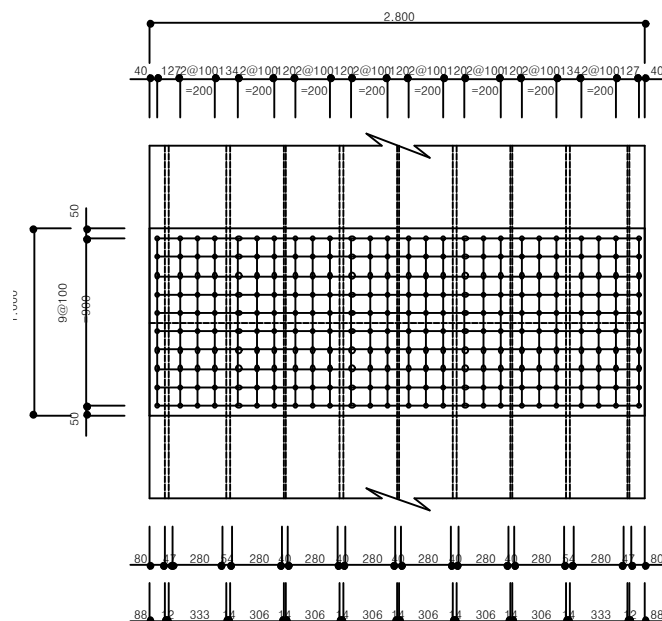
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 125.2 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

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

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.555\text{E}+06 \times 7.821\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.340\text{E}+06 \times 9.384\text{E}+07}{2.90932\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20876 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1554.76 kN) , S_v : 합성후 전단력(1340.34 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1175.82 - 12.0) = 78208704 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1408.39 - 12.0) = 93837408 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.90932\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

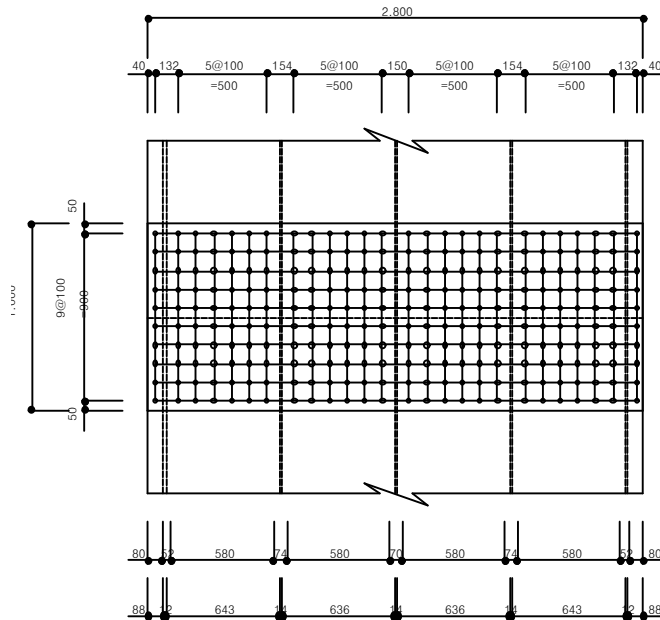
$$p = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 20875.8^2)} = 76562.5 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 89.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

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

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{1.555\text{E}+06 \times 8.468\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.340\text{E}+06 \times 6.906\text{E}+07}{2.90932\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19374 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1554.760 kN) , S_v : 합성후 전단력(1340.340 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1272.18 - 12.0) = 84684096 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1039.61 - 12.0) = 69055392 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90932\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 19374.2^2)} = 76166.9 \text{ N/EA} < p_a, \quad \text{O.K}$$

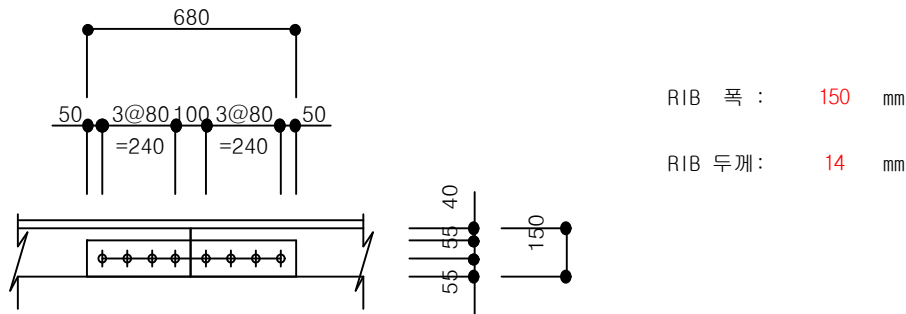
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\phi a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

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

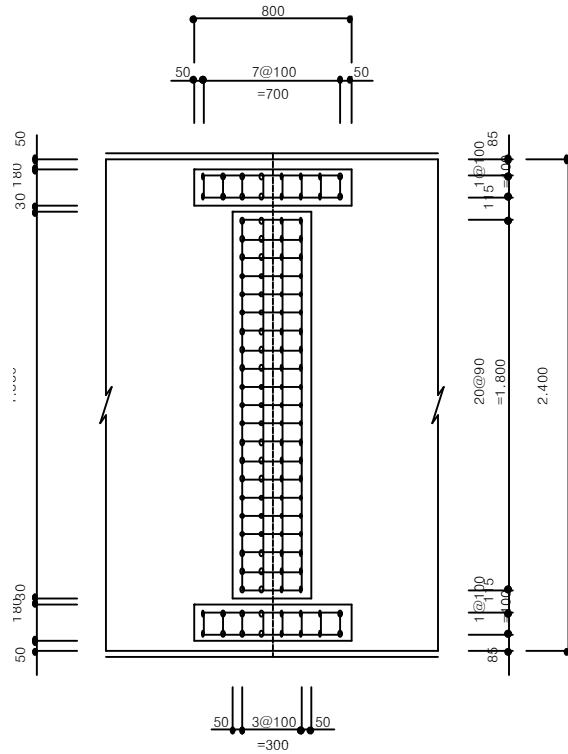
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

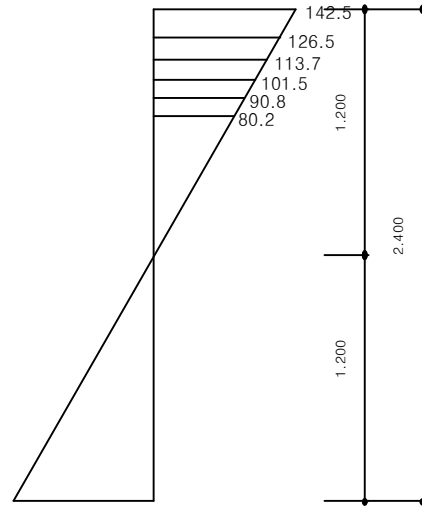
① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2400 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht), \quad ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2895.1 \times 1000}{2} + \frac{1002.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 28266.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 28266.3^2)} = 71967.9 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 13840838565 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1408.39 - 1200.00)^2 = 15074680092 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 9857.3 \times \frac{1.38408E+10}{2.26470E+11} = 602.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8630.7 \times \frac{1.50747E+10}{2.90932E+11} = 447.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 9857.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8630.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 2.26470E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 2.90932E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 1.92100E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1408.39 - 1200.00)^2 = 2.11293E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1272.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1175.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1039.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1408.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{602.435 \times 1000000}{19210006657} \times 1272.180 + \frac{447.198 \times 1000000}{21129315699} \times 1039.610 \\
 &= 39.896 + 22.003 = 61.899 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{602.435 \times 1000000}{19210006657} \times 1175.820 + \frac{447.198 \times 1000000}{21129315699} \times 1408.390 \\
 &= 36.874 + 29.808 = 66.683 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

5) SPLICE - 5 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4468.650 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6859.310 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 496.631 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 695.530 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 623.175 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 68.4 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -70.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

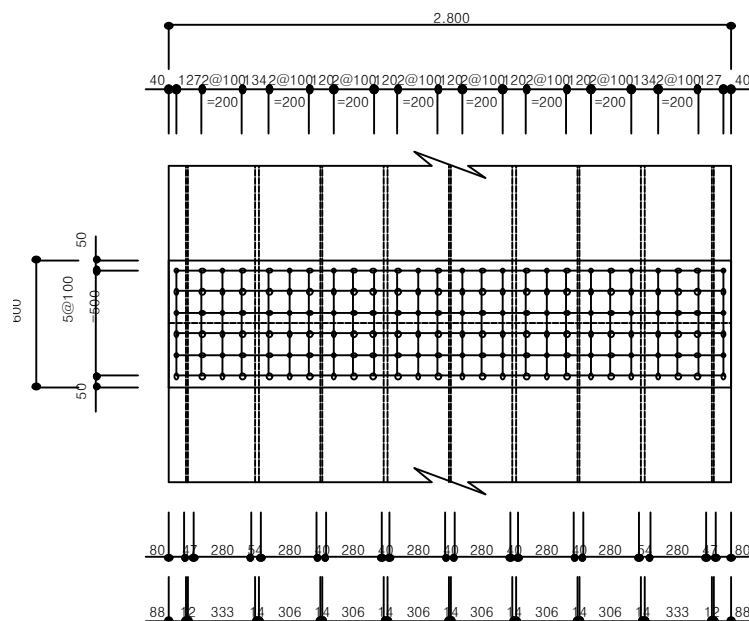
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 68.4 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 59 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 29400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 29400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 107.423 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 71615.4 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.966E+05 \times 4.668E+07}{1.76708E+11} + \frac{6.955E+05 \times 1.843E+07}{3.36863E+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6075 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(496.63 kN) , S_v : 합성후 전단력(695.53 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 14 \times (1197.73 - 7.0) = 46676616 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 14 \times (477.14 - 7.0) = 18429410 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76708E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.36863E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

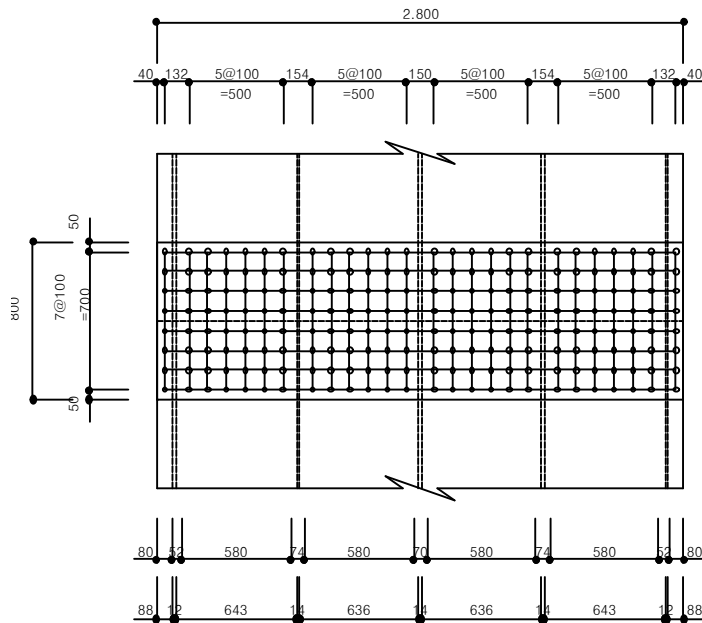
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{71615.4^2 + 6075.1^2} = 71872.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 70.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\phi a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

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

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < p_a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.966E+05 \times 5.485E+07}{1.76708E+11} + \frac{6.955E+05 \times 8.713E+07}{3.36863E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8994 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(496.631 kN) , S_v : 합성후 전단력(695.530 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1232.27 - 8.0) = 54847296 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1952.86 - 8.0) = 87129818 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76708E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.36863E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 8993.5^2)} = 62040.0 \text{ N/EA} < p_a, \quad \text{O.K}$$

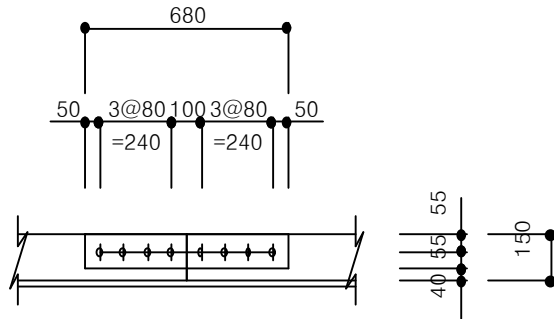
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

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

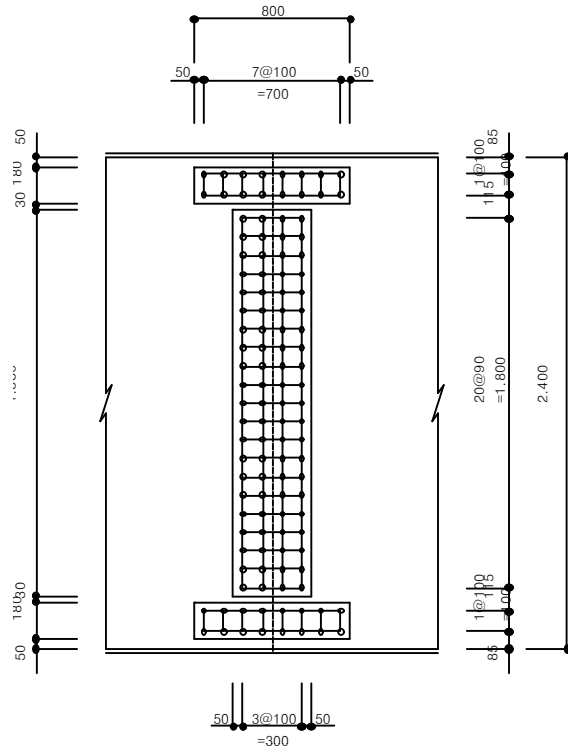
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

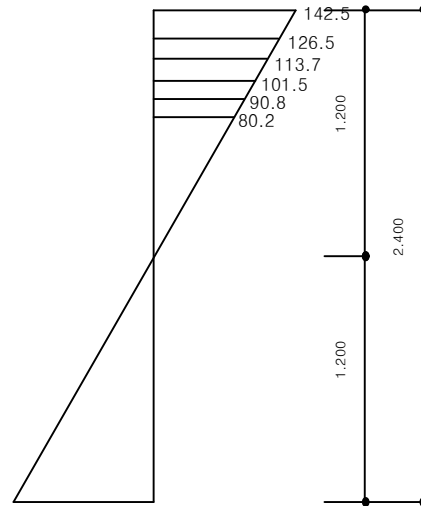
① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2400 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht), \quad ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1192.2 \times 1000}{2} + \frac{623.2 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 12334.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 12334.0^2)} = 67324.0 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1232.27)^2 = 13853990964 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1952.86 - 1200.00)^2 = 30147874302 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4468.7 \times \frac{1.38540E+10}{1.76708E+11} = 350.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6859.3 \times \frac{3.01479E+10}{3.36863E+11} = 613.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 4468.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 6859.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 , $I_s = 1.76708E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.36863E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1232.27)^2 = 1.92305E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1952.86 - 1200.00)^2 = 4.45765E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1197.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1232.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 477.1 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1952.9 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{350.345 \times 1000000}{19230465943} \times 1197.730 + \frac{613.881 \times 1000000}{44576506692} \times 477.138 \\
 &= 21.821 + 6.571 = 28.391 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{350.345 \times 1000000}{19230465943} \times 1232.270 + \frac{613.881 \times 1000000}{44576506692} \times 1952.862 \\
 &= 22.450 + 26.894 = 49.343 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

6) SPLICE - 6 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4745.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7312.850 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 456.707 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 679.312 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 611.189 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 72.4 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -75.5 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

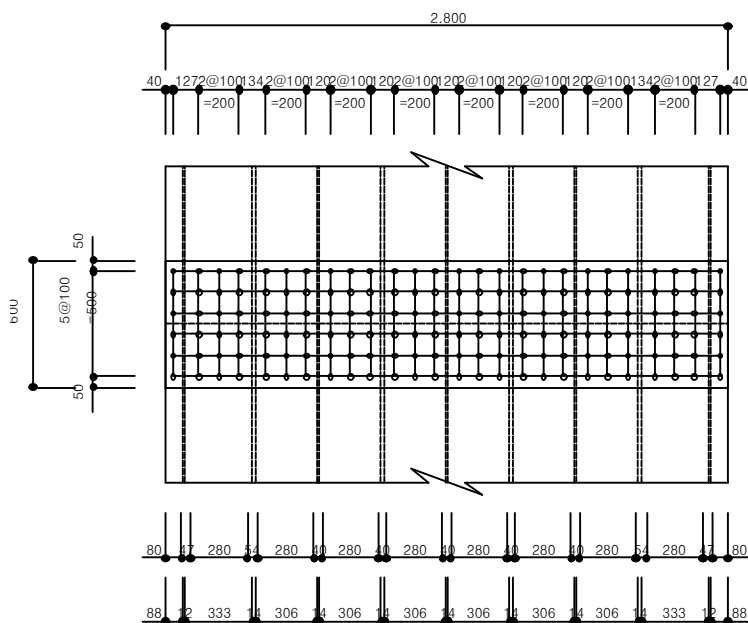
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 72.4 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 59 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 29400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 29400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 107.423 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 71615.4 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.567\text{E}+05 \times 4.668\text{E}+07}{1.76708\text{E}+11} + \frac{6.793\text{E}+05 \times 1.843\text{E}+07}{3.36863\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5665 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(456.71 kN) , S_v : 합성후 전단력(679.31 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 14 \times (1197.73 - 7.0) = 46676616 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 14 \times (477.14 - 7.0) = 18429410 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76708\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.36863\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

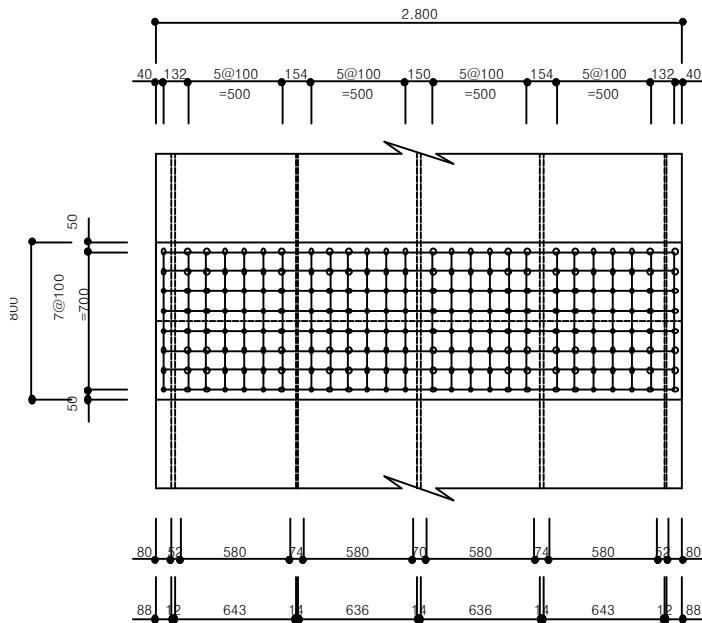
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{71615.4^2 + 5664.7^2} = 71839.1 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 75.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 33600.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.567\text{E}+05 \times 5.485\text{E}+07}{1.76708\text{E}+11} + \frac{6.793\text{E}+05 \times 8.713\text{E}+07}{3.36863\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8547 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(456.707 kN) , S_v : 합성후 전단력(679.312 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1232.27 - 8.0) = 54847296 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1952.86 - 8.0) = 87129818 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76708\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.36863\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 8547.0^2} = 61976.8 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

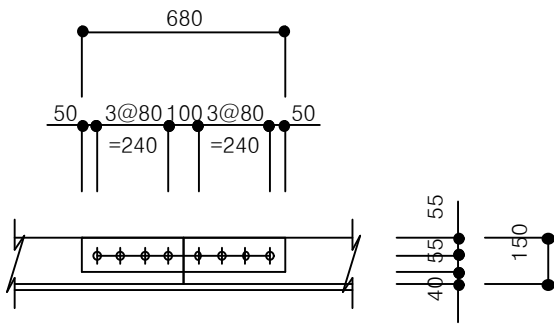
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

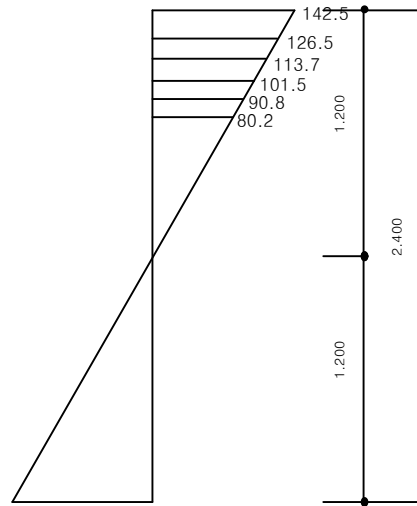
이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

① BOLT의 응력계산

WEB두께 12 mm


$$f_6 = f_1 \cdot (h_0 - 525) / h_0 = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2 b)$

$$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2 b h/t), \quad u_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1136.0 \times 1000}{2} + \frac{611.2 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 11810.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 11810.4^2)} = 67230.0 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1232.27)^2 = 13853990964 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1952.86 - 1200.00)^2 = 30147874302 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4745.8 \times \frac{1.38540E+10}{1.76708E+11} = 372.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7312.9 \times \frac{3.01479E+10}{3.36863E+11} = 654.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 4745.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 7312.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76708E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.36863E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1232.27)^2 = 1.92305E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1952.86 - 1200.00)^2 = 4.45765E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1197.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1232.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 477.1 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1952.9 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상면응력 f_l : 이음판의 하면응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{372.074 \times 1000000}{19230465943} \times 1197.730 + \frac{654.471 \times 1000000}{44576506692} \times 477.138 \\
 &= 23.174 + 7.005 = 30.179 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{372.074 \times 1000000}{19230465943} \times 1232.270 + \frac{654.471 \times 1000000}{44576506692} \times 1952.862 \\
 &= 23.842 + 28.672 = 52.514 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

7) SPLICE - 7 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -9016.510 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9132.530 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1513.080$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1321.020$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1013.470 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -85.6 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 115.8$ MPa

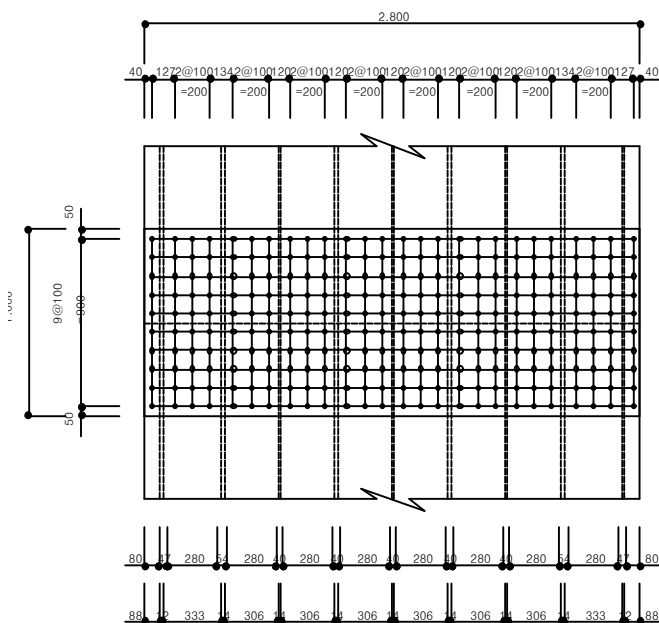
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 115.8 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As_{fs}}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.513\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.321\text{E}+06 \times 9.397\text{E}+07}{2.94204\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20231 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1513.08 kN) , S_v : 합성후 전단력(1321.02 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1410.33 - 12.0) = 93967776 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

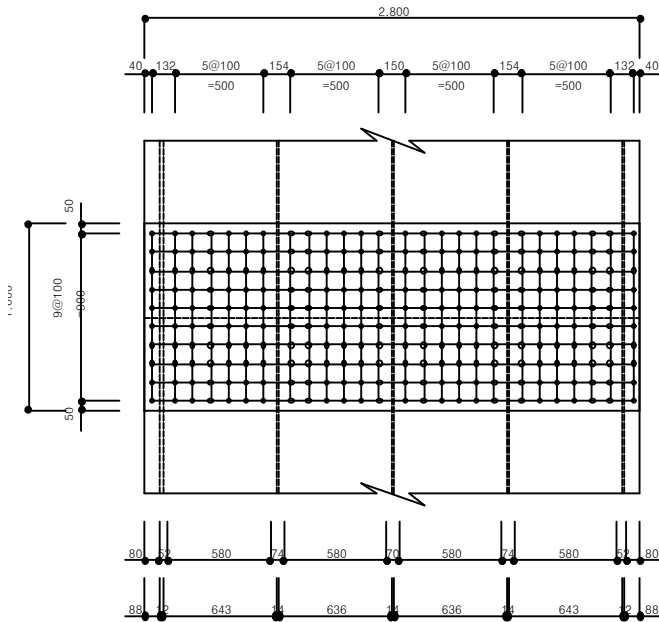
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20231.1^2} = 76389.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 85.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.513\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.321\text{E}+06 \times 6.893\text{E}+07}{2.94204\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18724 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1513.080 kN) , S_v : 합성후 전단력(1321.020 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1037.67 - 12.0) = 68925024 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18724.0^2} = 76004.1 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

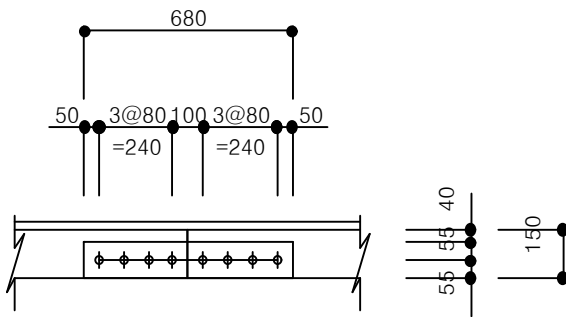
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

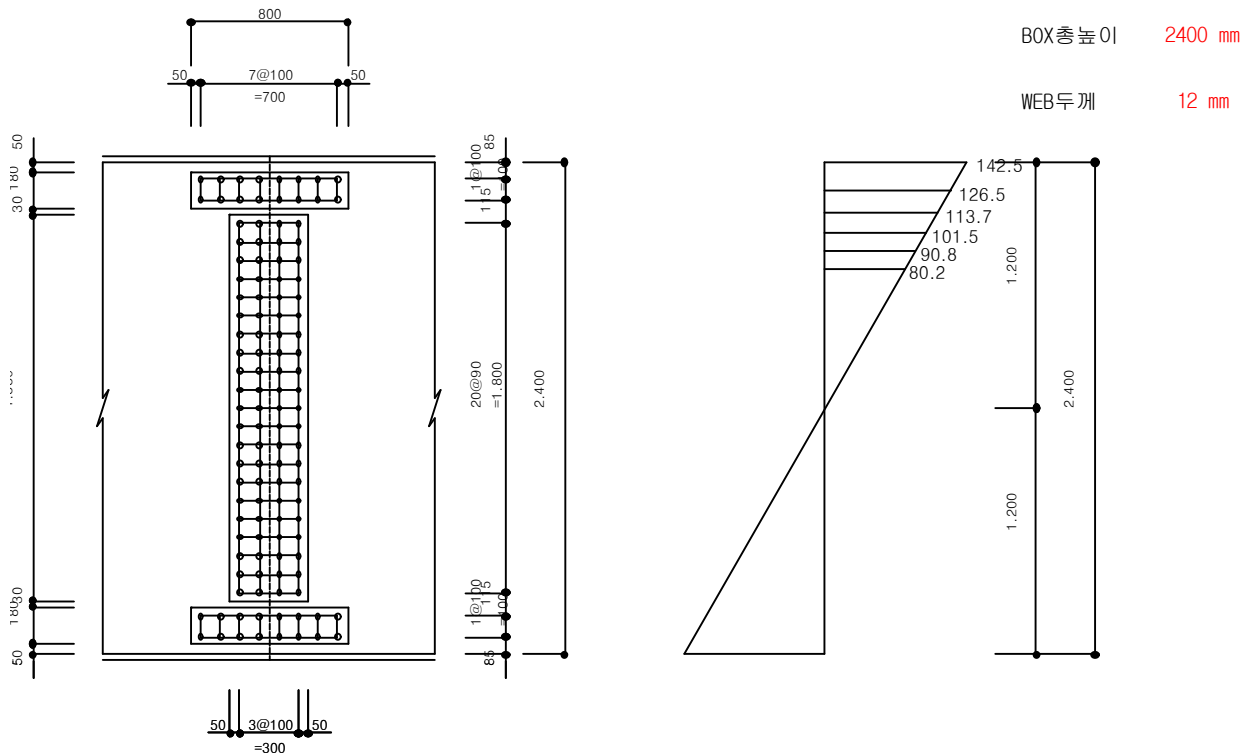
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho_s = \left[\frac{2834.1 \times 1000}{2} + \frac{1013.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 27776.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 27776.8^2)} = 71777.0 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 15098074816 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 9016.5 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 545.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 9132.5 \times \frac{1.50981E+10}{2.94204E+11} = 468.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 9016.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 9132.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 2.11657E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1037.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1410.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상면응력 f_l : 이음판의 하면응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{545.410 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{468.666 \times 1000000}{21165707492} \times 1037.670 \\
 &= 36.110 + 22.977 = 59.087 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{545.410 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{468.666 \times 1000000}{21165707492} \times 1410.330 \\
 &= 33.396 + 31.229 = 64.625 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

8) SPLICE - 8 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8784.330 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8934.130 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1557.100$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1357.850$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1044.430 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -83.6 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 112.8$ MPa

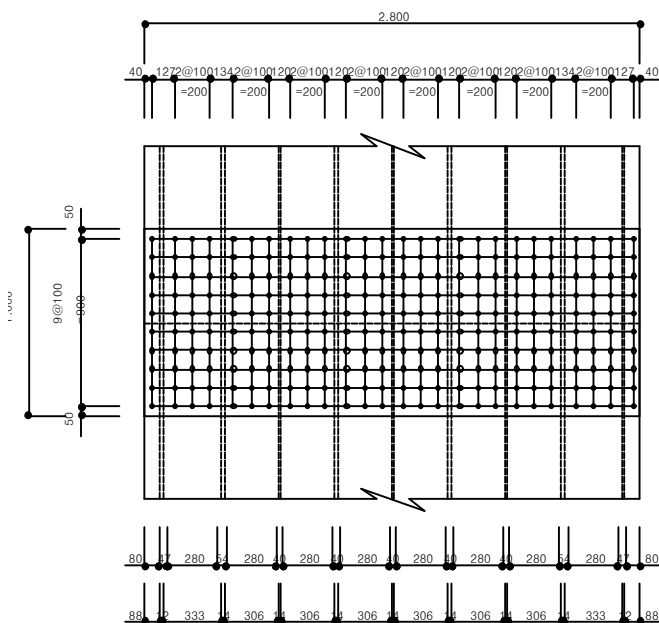
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 112.8 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As_{fs}}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.557\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.358\text{E}+06 \times 9.397\text{E}+07}{2.94204\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20809 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1557.10 kN) , S_v : 합성후 전단력(1357.85 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1410.33 - 12.0) = 93967776 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

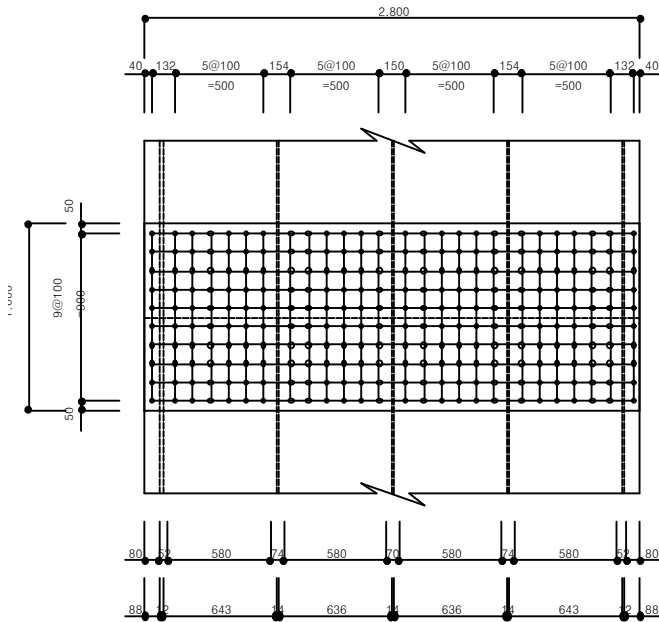
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20808.6^2} = 76544.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 83.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.557E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.358E+06 \times 6.893E+07}{2.94204E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19261 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1557.100 kN) , S_v : 합성후 전단력(1357.850 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1037.67 - 12.0) = 68925024 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 19260.7^2} = 76138.1 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

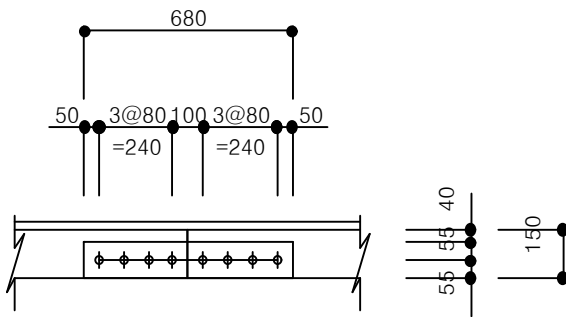
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

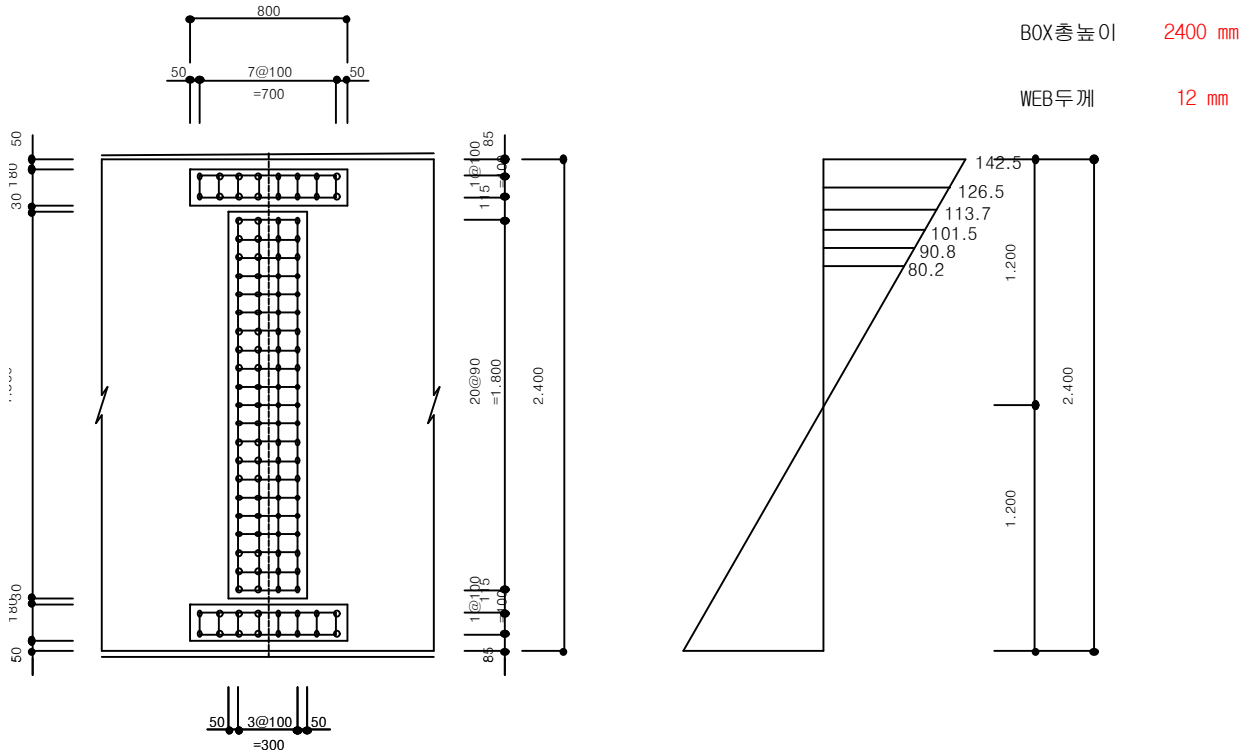
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho_s = \left[\frac{2915.0 \times 1000}{2} + \frac{1044.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 28575.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 28575.9^2)} = 72090.0 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 15098074816 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8784.3 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 531.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8934.1 \times \frac{1.50981E+10}{2.94204E+11} = 458.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 8784.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8934.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 2.11657E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1037.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1410.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{531.365 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{458.485 \times 1000000}{21165707492} \times 1037.670 \\
 &= 35.180 + 22.478 = 57.658 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{531.365 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{458.485 \times 1000000}{21165707492} \times 1410.330 \\
 &= 32.536 + 30.550 = 63.086 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

9) SPLICE - 9 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5589.880 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7677.990 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 502.345 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 715.844 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 629.861 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 85.1 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -84.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

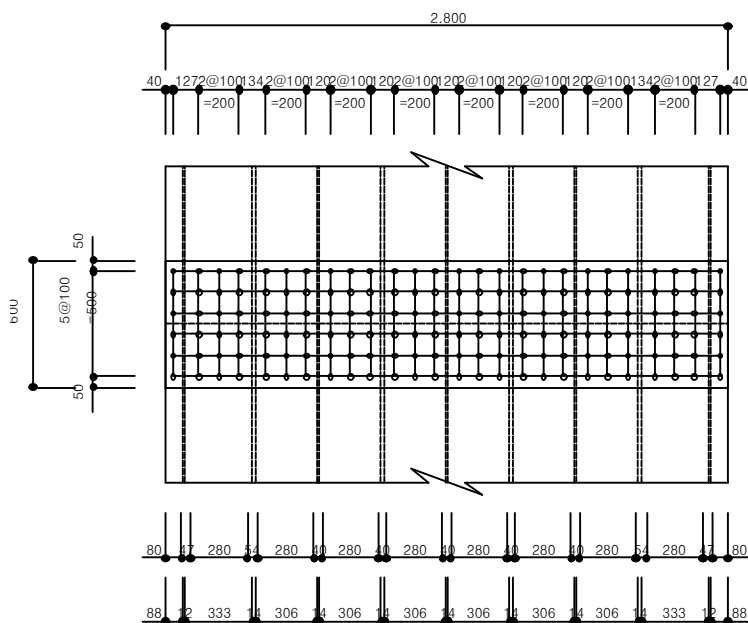
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 85.1 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{5.023\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{7.158\text{E}+05 \times 1.603\text{E}+07}{3.35572\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5661 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(502.35 kN) , S_v : 합성후 전단력(715.84 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (482.97 - 6.0) = 16026058 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.35572\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

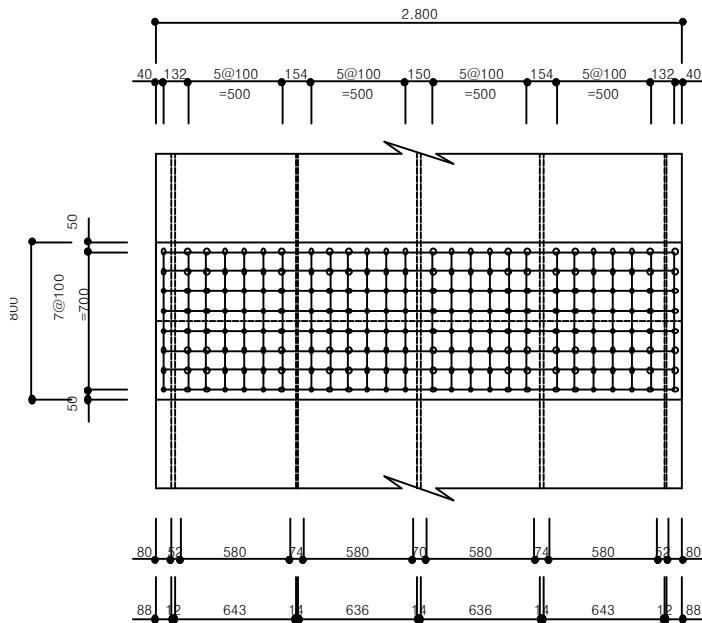
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 5661.4^2} = 61645.1 \text{ N/EA} < \rho_a , \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 84.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.023E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{7.158E+05 \times 8.678E+07}{3.35572E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9235 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(502.345 kN) , S_v : 합성후 전단력(715.844 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1945.03 - 8.0) = 86779123 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{휨방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 9235.3^2} = 62075.5 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

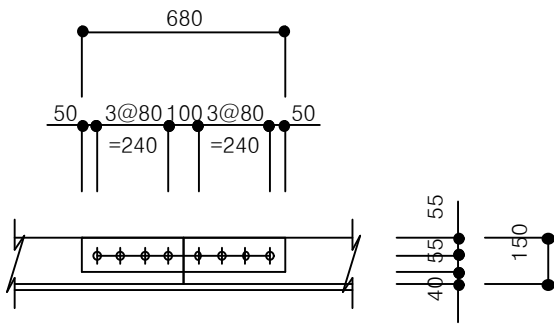
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

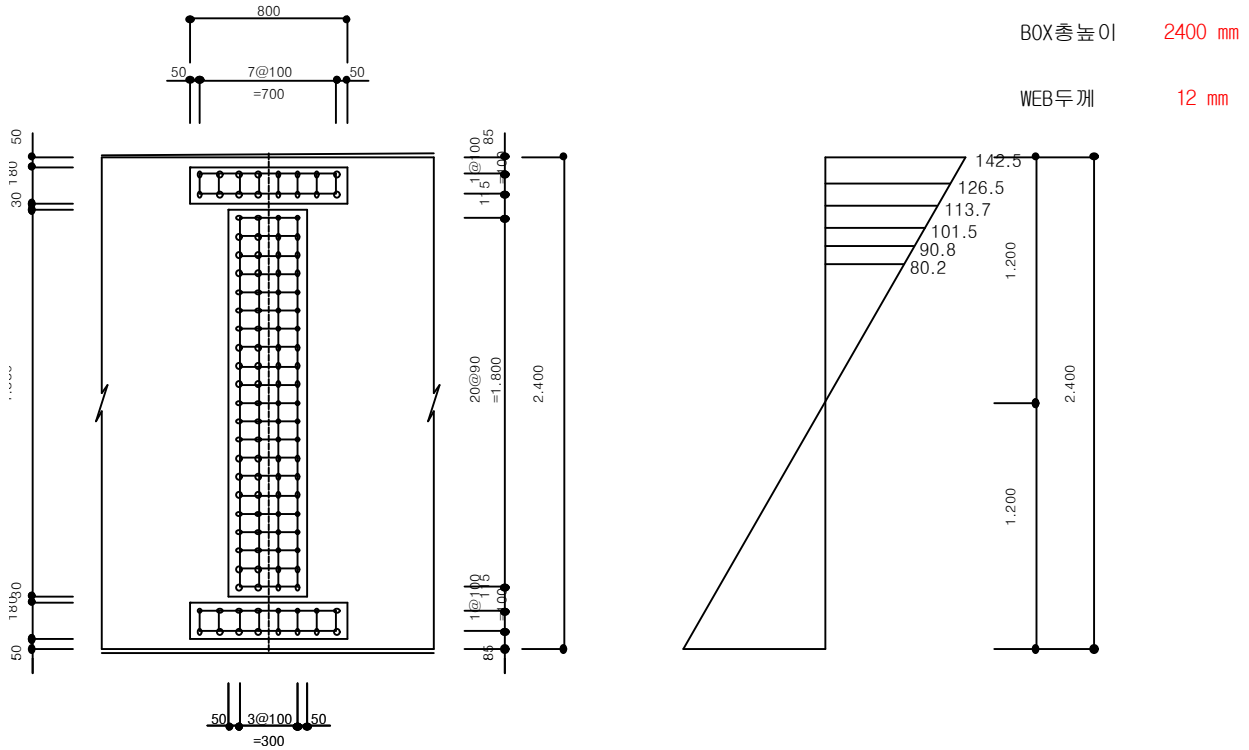
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2 b)$

$\therefore S_t = M_t \cdot (h_t) / (2 b h_t), \quad u_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1218.2 \times 1000}{2} + \frac{629.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 12580.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 12580.4^2)} = 67369.5 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 29810179041 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5589.9 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 459.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7678.0 \times \frac{2.98102E+10}{3.35572E+11} = 682.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 5589.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 7678.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 4.40512E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 483.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1945.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{458.974 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{682.065 \times 1000000}{44051202953} \times 482.966 \\
 &= 29.622 + 7.478 = 37.100 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{458.974 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{682.065 \times 1000000}{44051202953} \times 1945.034 \\
 &= 28.454 + 30.116 = 58.570 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

10) SPLICE - 10 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 6005.250 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7900.710 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 442.520 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 693.332 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 620.542 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 88.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -88.2 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

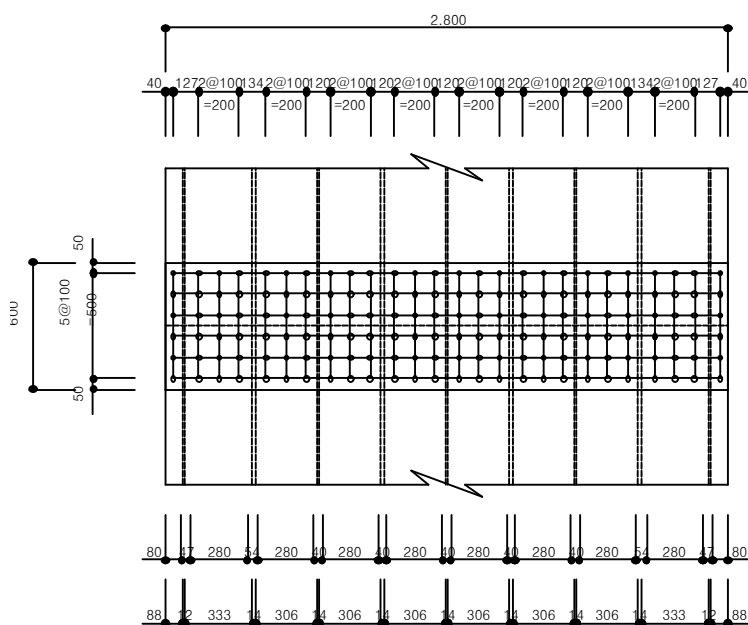
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 88.7 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.425\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.933\text{E}+05 \times 1.603\text{E}+07}{3.35572\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5095 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(442.52 kN) , S_v : 합성후 전단력(693.33 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (482.97 - 6.0) = 16026058 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.35572\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

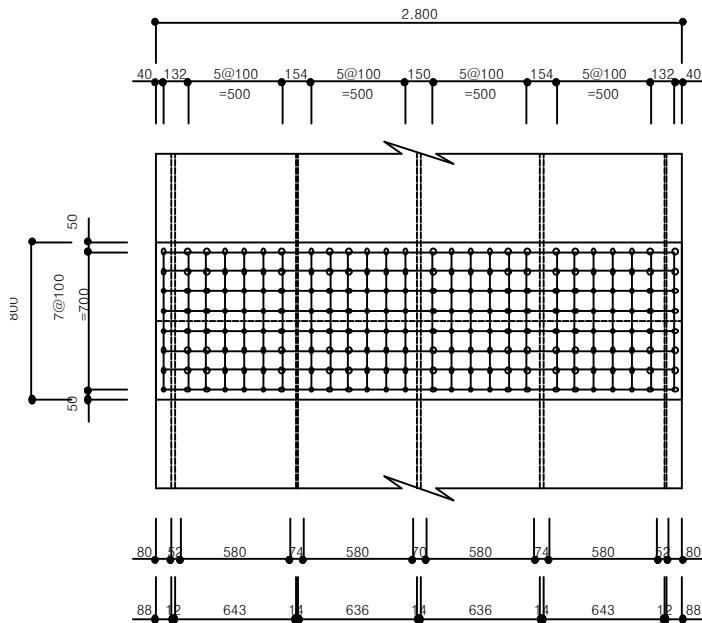
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 5094.7^2} = 61595.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 88.2 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.425E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{6.933E+05 \times 8.678E+07}{3.35572E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8572 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(442.520 kN) , S_v : 합성후 전단력(693.332 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1945.03 - 8.0) = 86779123 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{휨방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 8572.2^2} = 61980.3 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

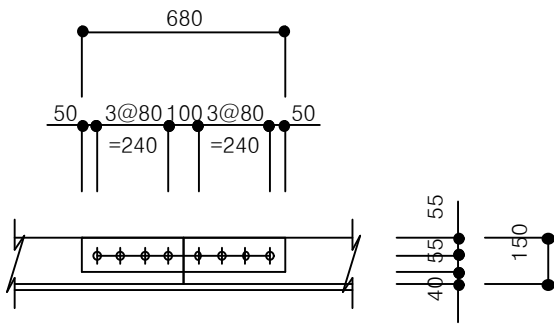
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

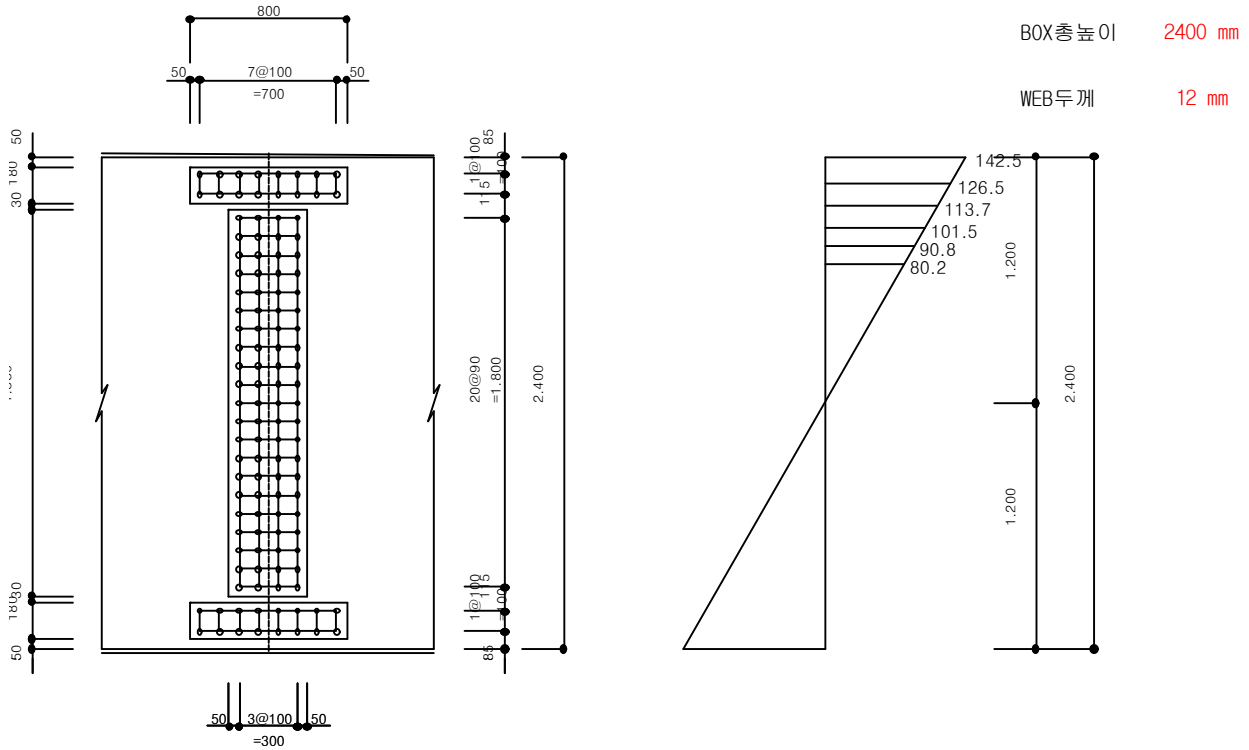
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1135.9 \times 1000}{2} + \frac{620.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 11839.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 11839.9^2)} = 67235.2 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 29810179041 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 6005.3 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 493.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7900.7 \times \frac{2.98102E+10}{3.35572E+11} = 701.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 6005.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 7900.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 4.40512E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 483.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1945.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{493.080 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{701.850 \times 1000000}{44051202953} \times 482.966 \\
 &= 31.823 + 7.695 = 39.518 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{493.080 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{701.850 \times 1000000}{44051202953} \times 1945.034 \\
 &= 30.568 + 30.989 = 61.558 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

11) SPLICE - 11 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7536.530 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8586.730 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1497.060 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1334.960 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1053.440 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -75.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 104.9 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

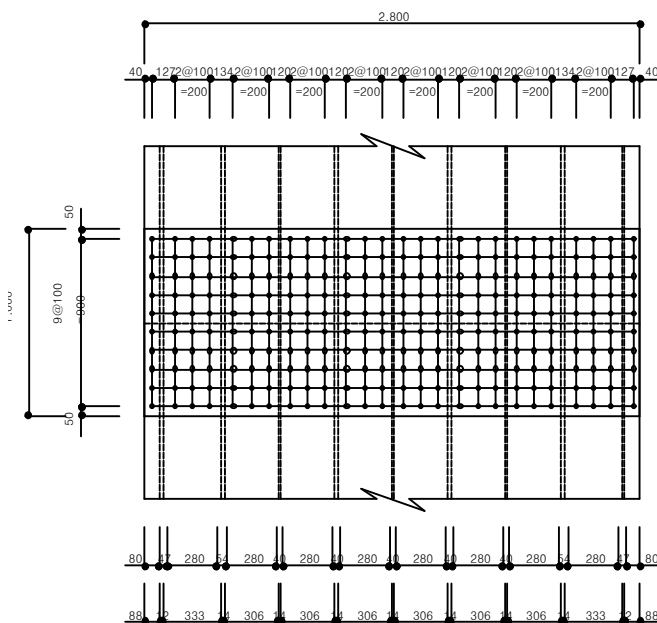
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 104.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.497\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.335\text{E}+06 \times 9.397\text{E}+07}{2.94204\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20209 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1497.06 kN) , S_v : 합성후 전단력(1334.96 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1410.33 - 12.0) = 93967776 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

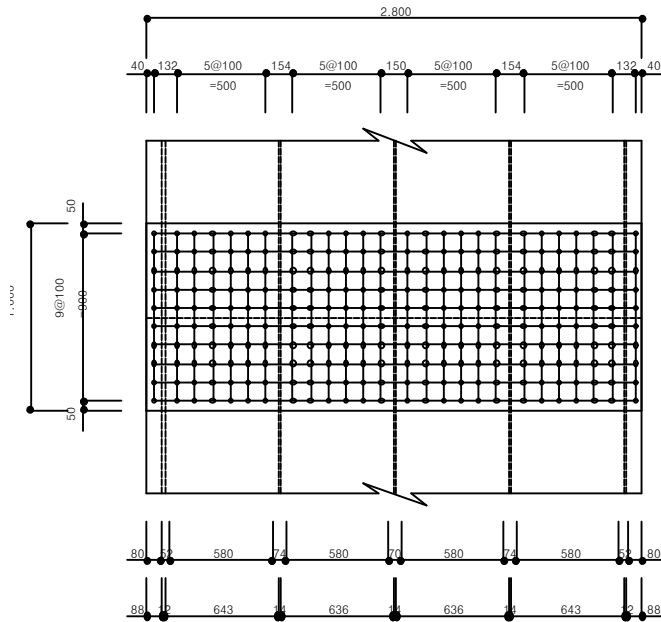
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20209.0^2} = 76383.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 75.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.497E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.335E+06 \times 6.893E+07}{2.94204E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18667 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1497.060 kN) , S_v : 합성후 전단력(1334.960 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1037.67 - 12.0) = 68925024 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18666.7^2} = 75990.0 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

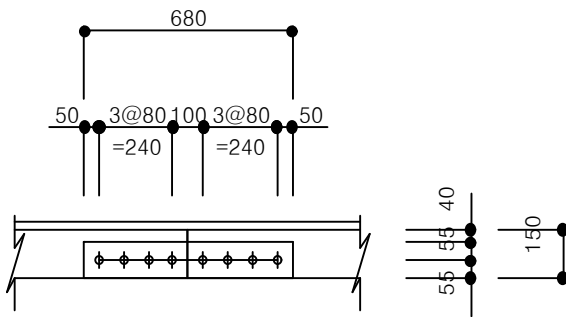
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

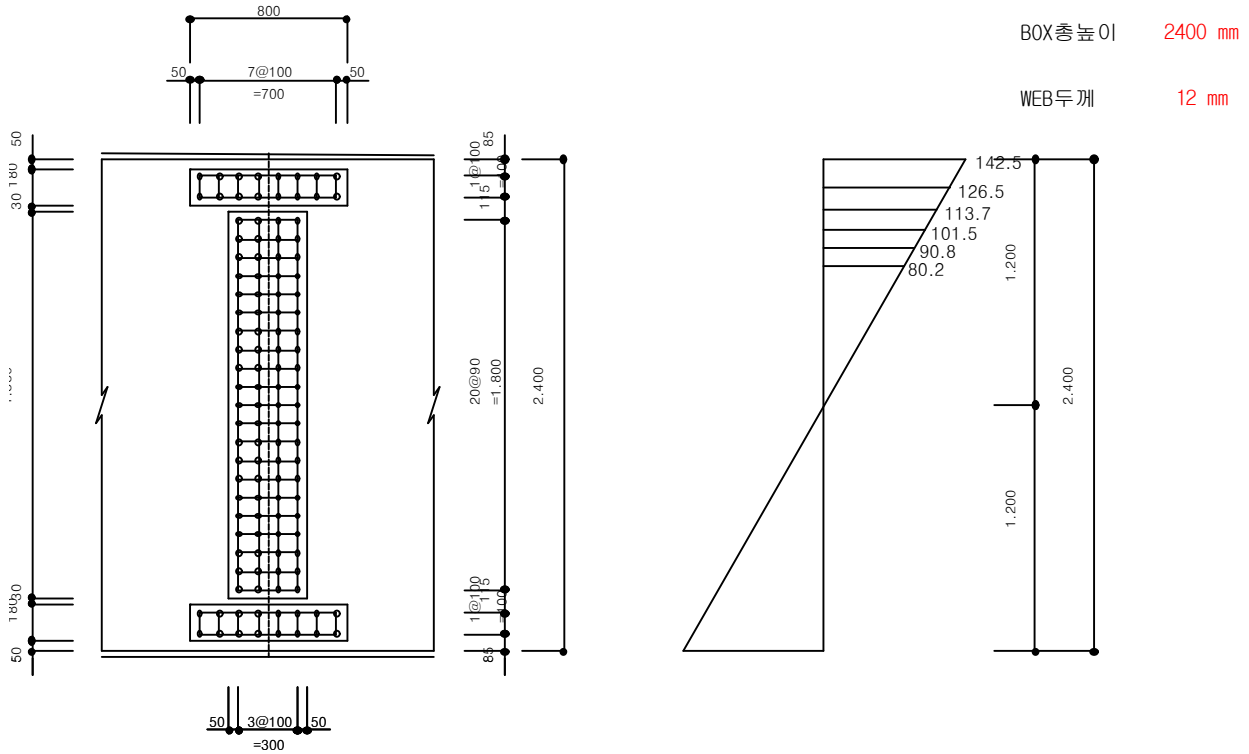
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho_s = \left[\frac{2832.0 \times 1000}{2} + \frac{1053.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 27890.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 27890.8^2)} = 71821.2 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 15098074816 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7536.5 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 455.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8586.7 \times \frac{1.50981E+10}{2.94204E+11} = 440.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 7536.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8586.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 2.11657E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1037.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1410.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상면응력 f_l : 이음판의 하면응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{455.885 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{440.657 \times 1000000}{21165707492} \times 1037.670 \\
 &= 30.183 + 21.604 = 51.787 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{455.885 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{440.657 \times 1000000}{21165707492} \times 1410.330 \\
 &= 27.915 + 29.362 = 57.277 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

12) SPLICE - 12 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8058.910 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8815.150 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1400.860 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1292.720 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 994.793 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -78.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 109.5 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

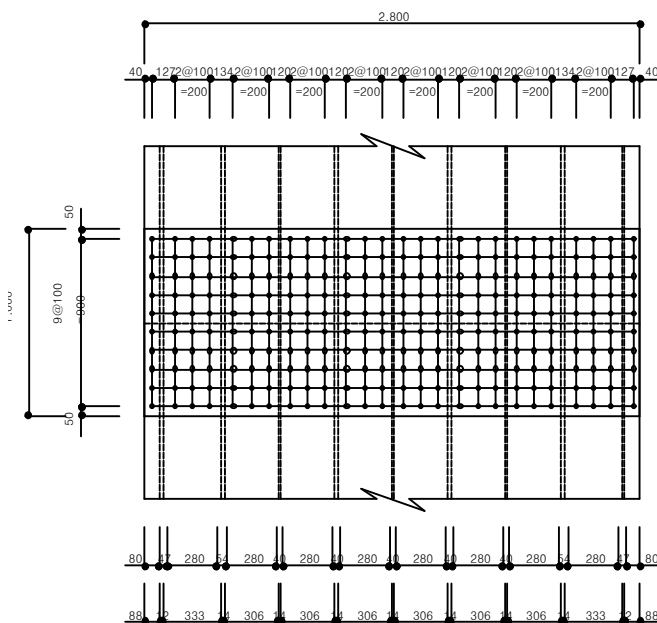
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 109.5 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.401\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.293\text{E}+06 \times 9.397\text{E}+07}{2.94204\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19210 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1400.86 kN) , S_v : 합성후 전단력(1292.72 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1410.33 - 12.0) = 93967776 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

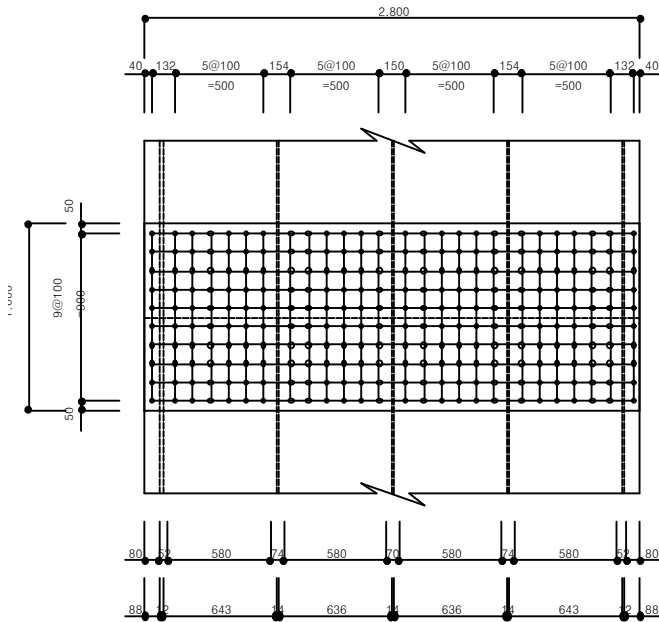
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 19209.9^2} = 76125.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 78.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.401E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.293E+06 \times 6.893E+07}{2.94204E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17687 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1400.860 kN) , S_v : 합성후 전단력(1292.720 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1037.67 - 12.0) = 68925024 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{휨방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 17686.9^2} = 75755.2 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

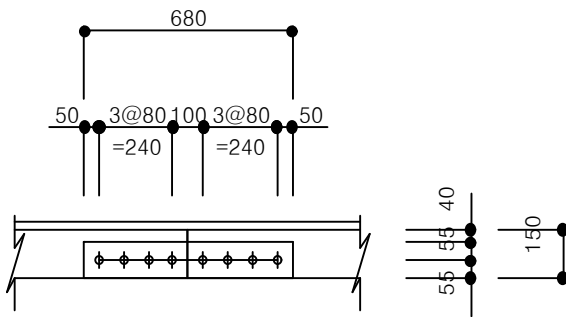
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

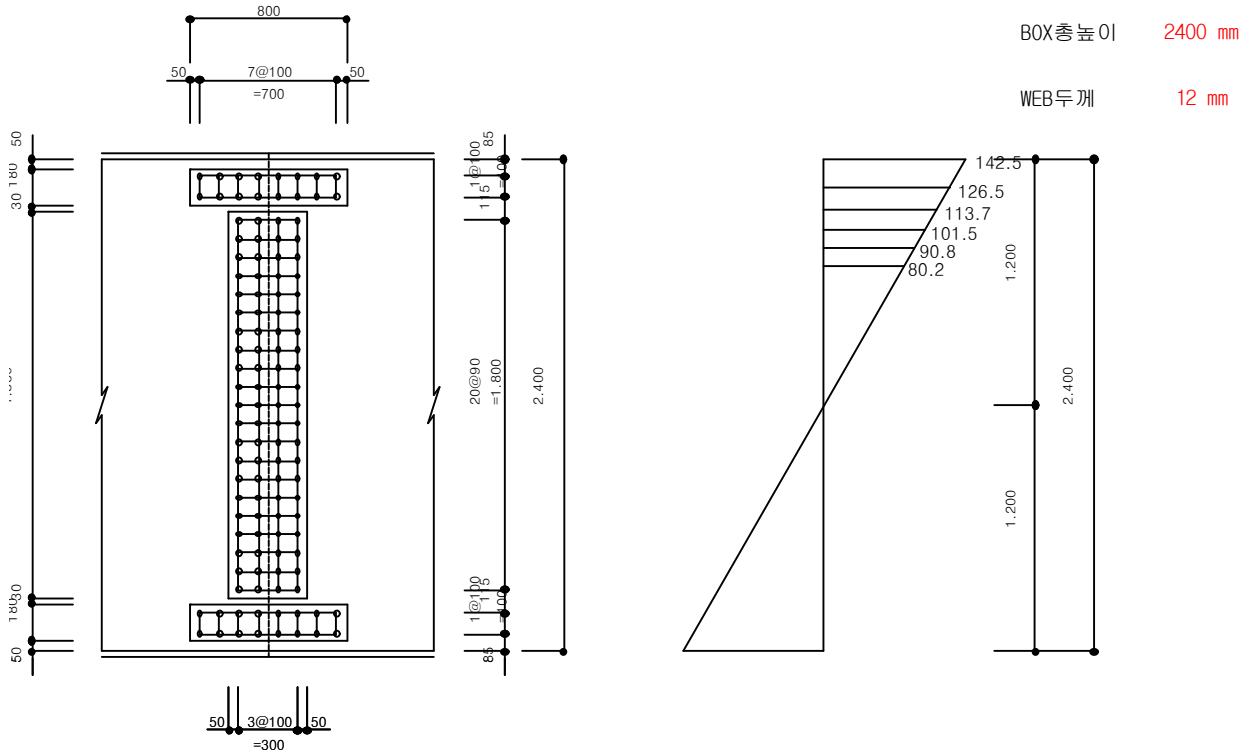
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht), \quad \tau_t = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2693.6 \times 1000}{2} + \frac{994.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 26503.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 26503.7^2)} = 71294.0 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 15098074816 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8058.9 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 487.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8815.2 \times \frac{1.50981E+10}{2.94204E+11} = 452.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 8058.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8815.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.94204E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1410.33 - 1200.00)^2 = 2.11657E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1037.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1410.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{487.484 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{452.379 \times 1000000}{21165707492} \times 1037.670 \\
 &= 32.275 + 22.178 = 54.453 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{487.484 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{452.379 \times 1000000}{21165707492} \times 1410.330 \\
 &= 29.849 + 30.143 = 59.993 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

13) SPLICE - 13 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4145.670 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7266.010 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 346.057 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 650.224 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 590.937 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 71.2 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -71.4 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

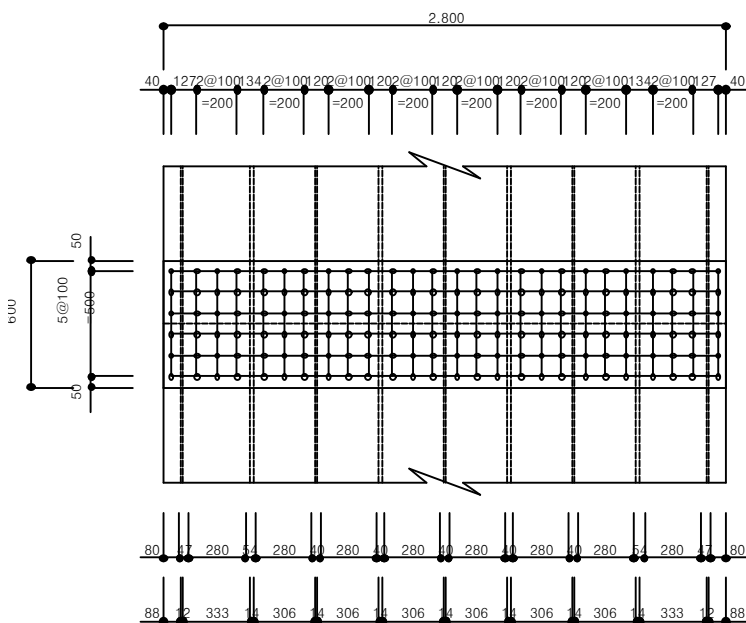
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 71.2 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.461\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.502\text{E}+05 \times 1.603\text{E}+07}{3.35572\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4169 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(346.06 kN) , S_v : 합성후 전단력(650.22 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (482.97 - 6.0) = 16026058 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.35572\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

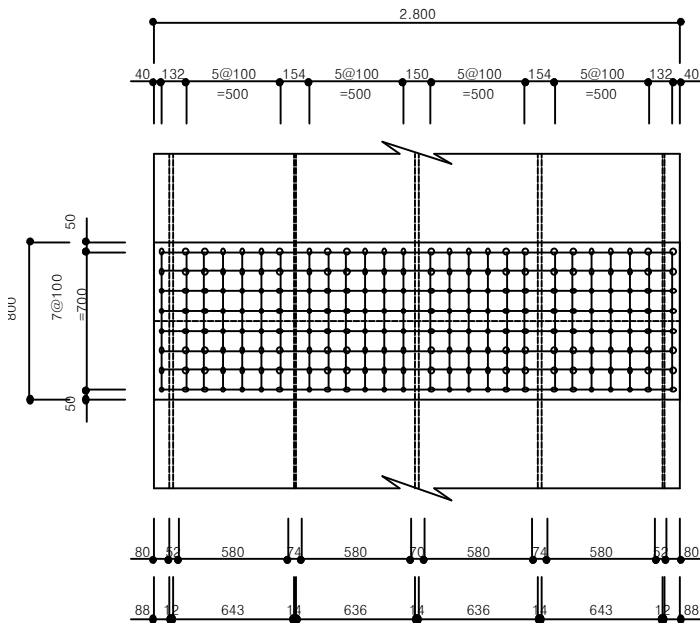
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 4169.4^2} = 61526.1 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 71.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.461\text{E}+05 \times 5.294\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.502\text{E}+05 \times 8.678\text{E}+07}{3.35572\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7456 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(346.057 kN) , S_v : 합성후 전단력(650.224 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1945.03 - 8.0) = 86779123 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.35572\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 7455.7^2} = 61835.8 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

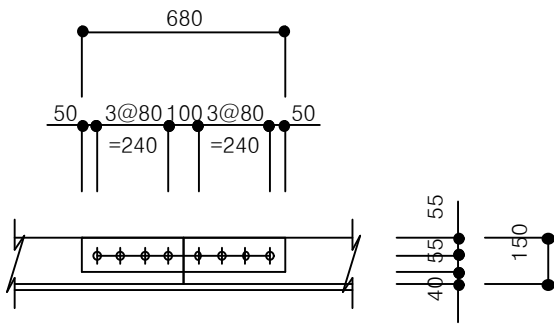
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

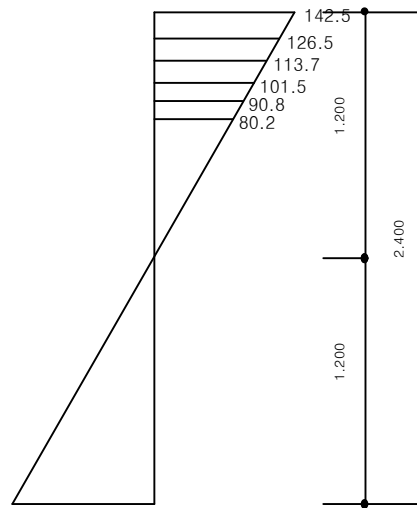
$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

① BOLT의 응력계산

Figure 10.10 illustrates the reinforcement details for a rectangular beam with a central vertical web and two horizontal flanges. The beam's overall width is 800 mm, with 50 mm margins on each side. The top and bottom flanges are 180 mm wide and 30 mm high. The central web is 300 mm wide and 2400 mm high. The reinforcement specifications are as follows:

- Top Flange:** 7 top bars (7@100) with a total length of 700 mm.
- Bottom Flange:** 3 bottom bars (3@100) with a total length of 300 mm.
- Central Web:** 20 vertical bars (20@90) with a total length of 1800 mm.

WEB두께 12 mm


$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_0 - 525) / h_0 = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht), \quad \tau_t = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{996.3 \times 1000}{2} + \frac{590.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 10539.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 10539.0^2)} = 67018.3 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 29810179041 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4145.7 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 340.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7266.0 \times \frac{2.98102E+10}{3.35572E+11} = 645.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 4145.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 7266.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 4.40512E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 483.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1945.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{340.393 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{645.467 \times 1000000}{44051202953} \times 482.966 \\
 &= 21.968 + 7.077 = 29.045 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{340.393 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{645.467 \times 1000000}{44051202953} \times 1945.034 \\
 &= 21.102 + 28.500 = 49.602 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

14) SPLICE - 14 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 2391.960 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6424.690 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 598.630 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 740.380 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 632.648 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 54.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -54.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

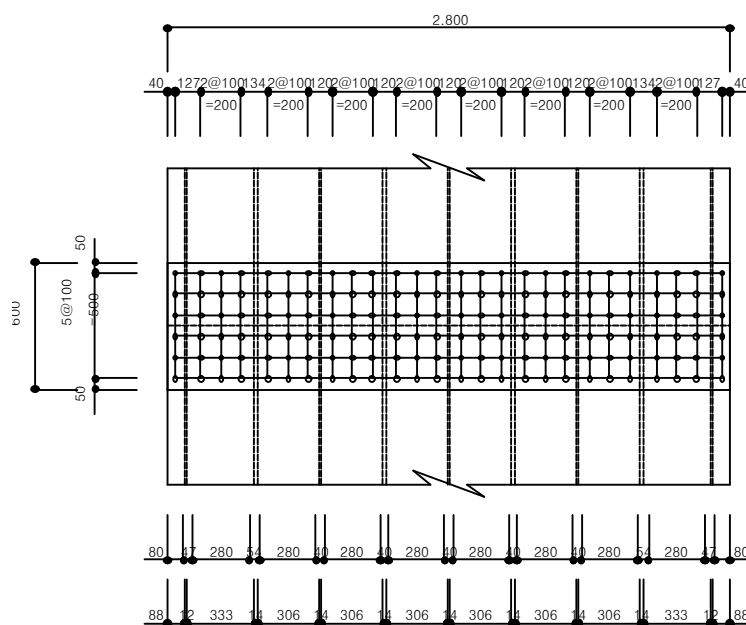
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 54.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.986\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{7.404\text{E}+05 \times 1.603\text{E}+07}{3.35572\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6553 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(598.63 kN) , S_v : 합성후 전단력(740.38 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (482.97 - 6.0) = 16026058 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.35572\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

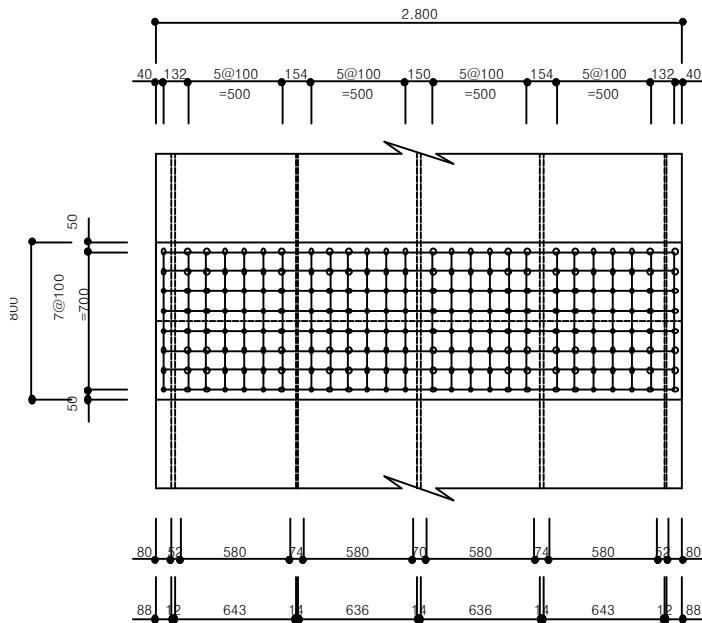
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6553.4^2} = 61733.4 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 54.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.986E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{7.404E+05 \times 8.678E+07}{3.35572E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 10221 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(598.630 kN) , S_v : 합성후 전단력(740.380 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1945.03 - 8.0) = 86779123 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 10221.0^2} = 62229.8 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

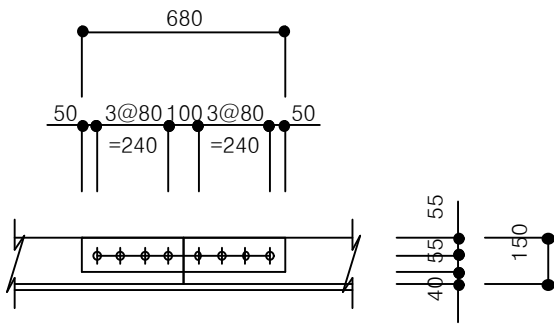
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

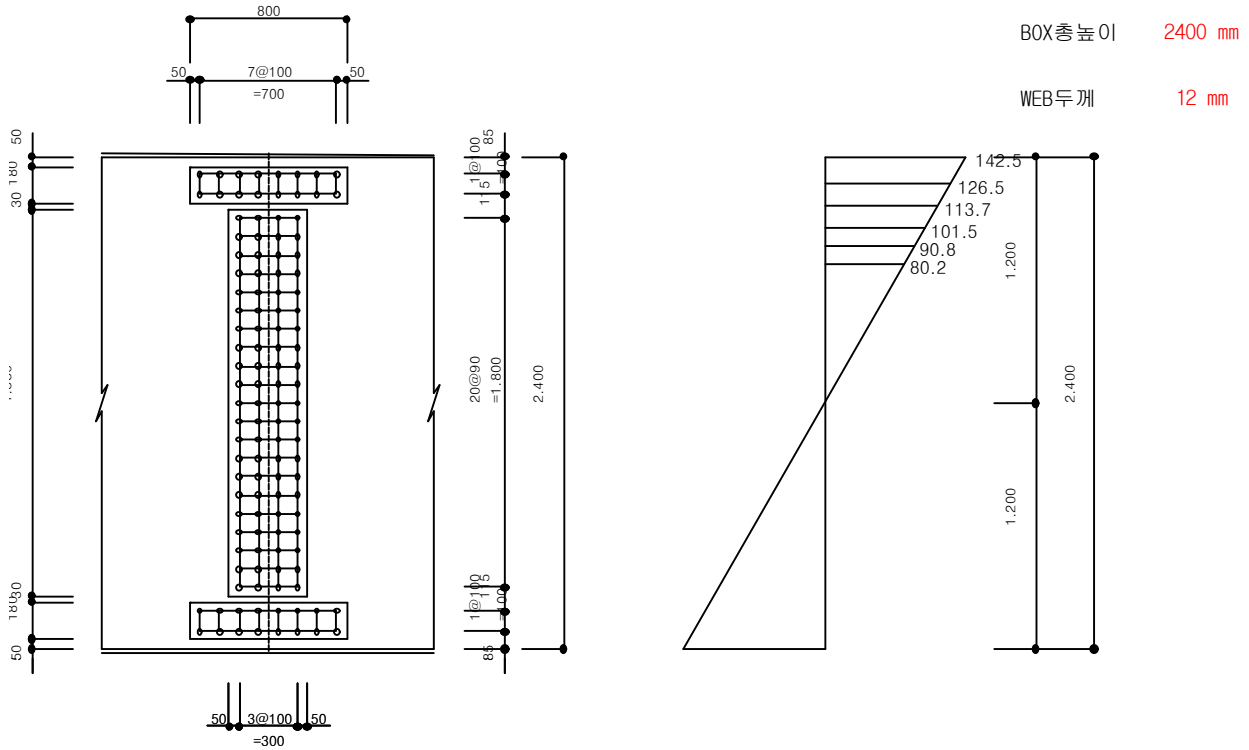
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1339.0 \times 1000}{2} + \frac{632.6 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 13631.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 13631.2^2)} = 67573.6 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 13827121001 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 29810179041 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 2392.0 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 196.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6424.7 \times \frac{2.98102E+10}{3.35572E+11} = 570.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 2392.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 6424.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.35572E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1945.03 - 1200.00)^2 = 4.40512E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 483.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1945.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{196.399 \times 1000000}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{570.730 \times 1000000}{44051202953} \times 482.966 \\
 &= 12.675 + 6.257 = 18.933 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{196.399 \times 1000000}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{570.730 \times 1000000}{44051202953} \times 1945.034 \\
 &= 12.176 + 25.200 = 37.376 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

15) SPLICE - 15 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -13330.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -10348.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1655.100 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1385.480 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 962.401 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -114.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 149.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

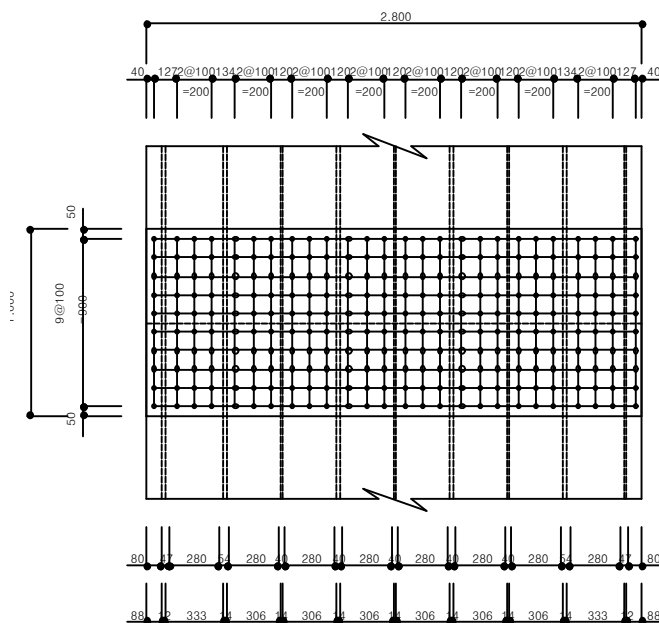
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 149.7 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 149.7 MPa 을적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 149.7}{96000.0} \approx 105 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 149.7}{190.0} = 52962.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 52962.1 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 149.7}{93600.0} = 107.509 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 149.7}{130 \text{ EA}} = 77406.1 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.655E+06 \times 7.823E+07}{2.28657E+11} + \frac{1.385E+06 \times 9.396E+07}{2.93999E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21734 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1655.10 kN) , S_v : 합성후 전단력(1385.48 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.18 - 12.0) = 78232896 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1410.21 - 12.0) = 93959712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.93999E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

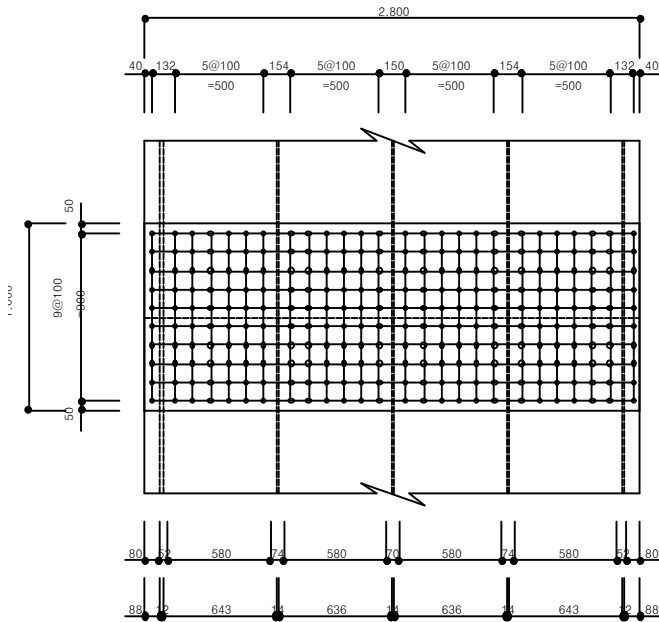
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{77406.1^2 + 21733.7^2} = 80399.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 114.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.655E+06 \times 8.466E+07}{2.28657E+11} + \frac{1.385E+06 \times 6.893E+07}{2.93999E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20196 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1655.100 kN) , S_v : 합성후 전단력(1385.480 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.82 - 12.0) = 84659904 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1037.79 - 12.0) = 68933088 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.93999E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20195.5^2} = 76379.9 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

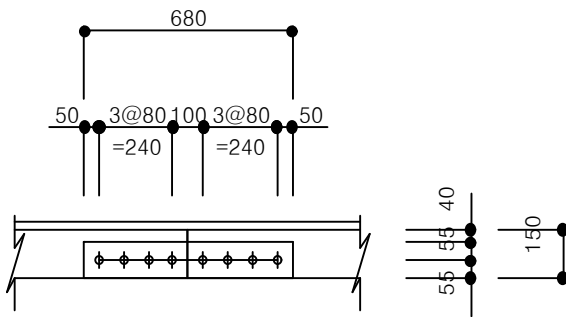
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

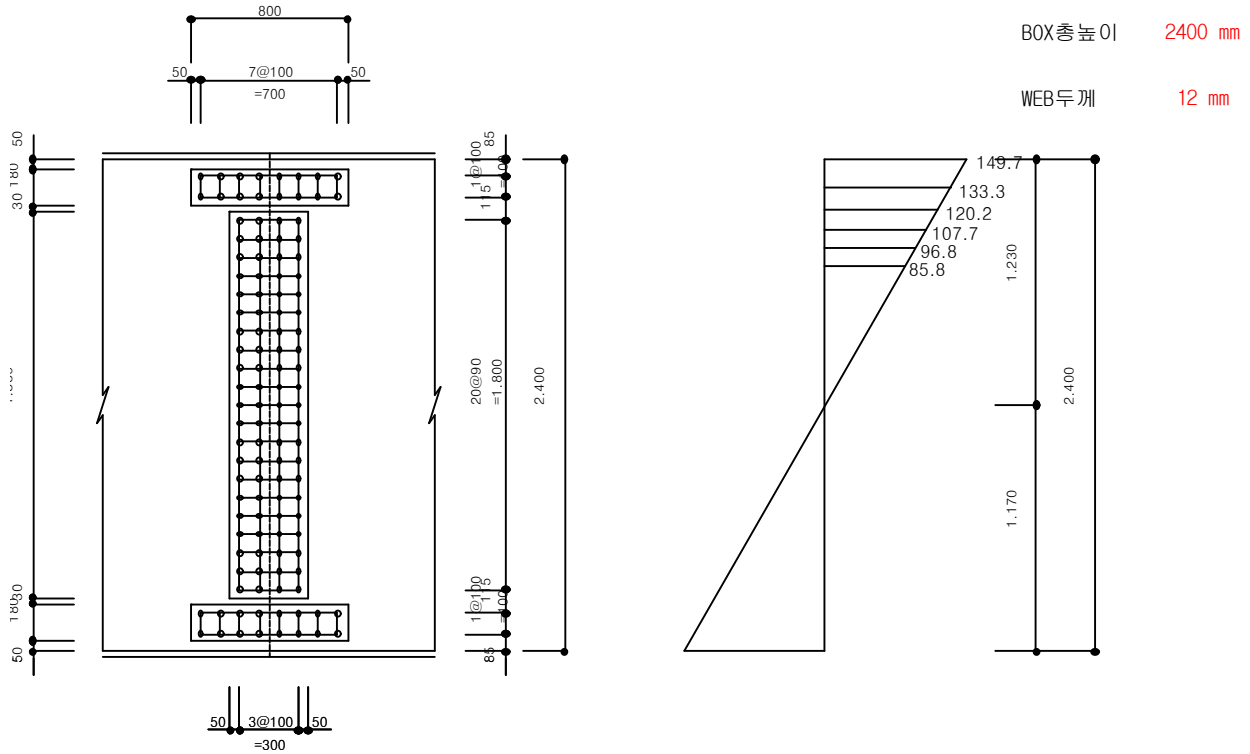
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1230$ mm

$$f_1 = f_l = 149.744 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 133.305 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 120.215 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 107.734 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 96.775 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 85.816 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{149.744 + 133.305}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 57317.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{133.305 + 120.215}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 40880.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{120.215 + 107.734}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 70094.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{107.734 + 96.775}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 55217.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{96.775 + 85.816}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 49299.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t), \quad \tau_t = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3040.6 \times 1000}{2} + \frac{962.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 29388.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(70094^2 + 29388.2^2)} = 76005.8 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 13840340901 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1410.21 - 1200.00)^2 = 15096621430 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13330.8 \times \frac{1.38403E+10}{2.28657E+11} = 806.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 10348.0 \times \frac{1.50966E+10}{2.93999E+11} = 531.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 13330.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 10348.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.93999E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1410.21 - 1200.00)^2 = 2.11634E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1037.8 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1410.2 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상면응력 f_l : 이음판의 하면응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{806.899 \times 1000000}{19209232513} \times 1271.820 + \frac{531.361 \times 1000000}{21163446669} \times 1037.790 \\
 &= 53.424 + 26.056 = 79.480 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{806.899 \times 1000000}{19209232513} \times 1176.180 + \frac{531.361 \times 1000000}{21163446669} \times 1410.210 \\
 &= 49.406 + 35.407 = 84.813 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

16) SPLICE - 16 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8910.900 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8244.320 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1826.120 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1387.020 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1309.510 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -81.4 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 115.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

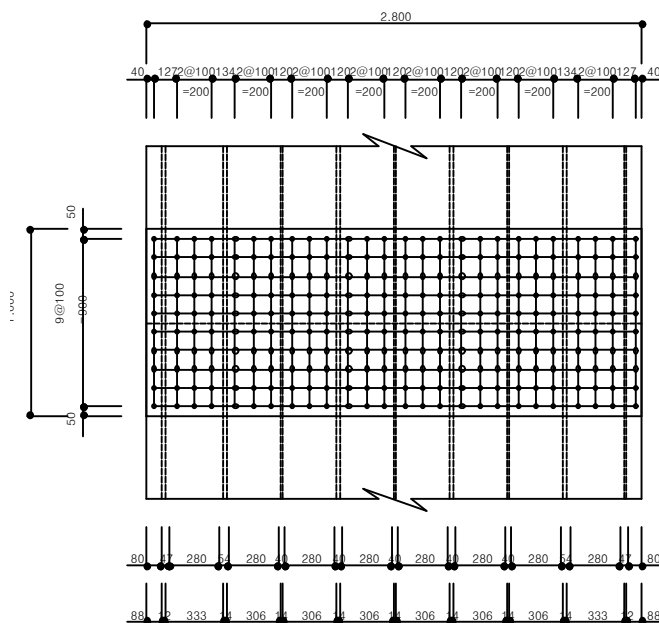
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 115.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.826E+06 \times 7.823E+07}{2.28657E+11} + \frac{1.387E+06 \times 9.396E+07}{2.93999E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 23005 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1826.12 kN) , S_v : 합성후 전단력(1387.02 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.18 - 12.0) = 78232896 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1410.21 - 12.0) = 93959712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.93999E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

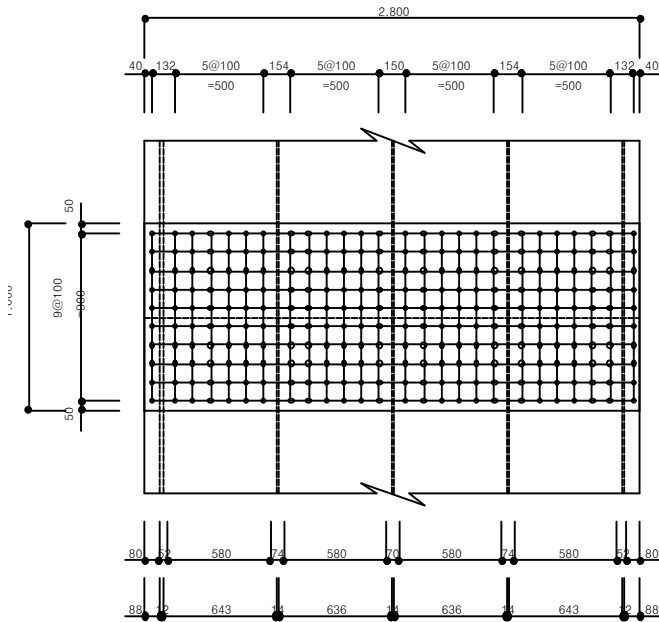
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 23004.6^2} = 77170.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 81.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.826E+06 \times 8.466E+07}{2.28657E+11} + \frac{1.387E+06 \times 6.893E+07}{2.93999E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21567 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1826.120 kN) , S_v : 합성후 전단력(1387.020 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.82 - 12.0) = 84659904 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1037.79 - 12.0) = 68933088 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.93999E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 21567.1^2} = 76754.0 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

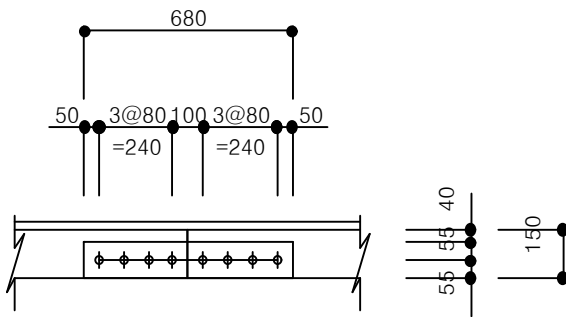
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

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

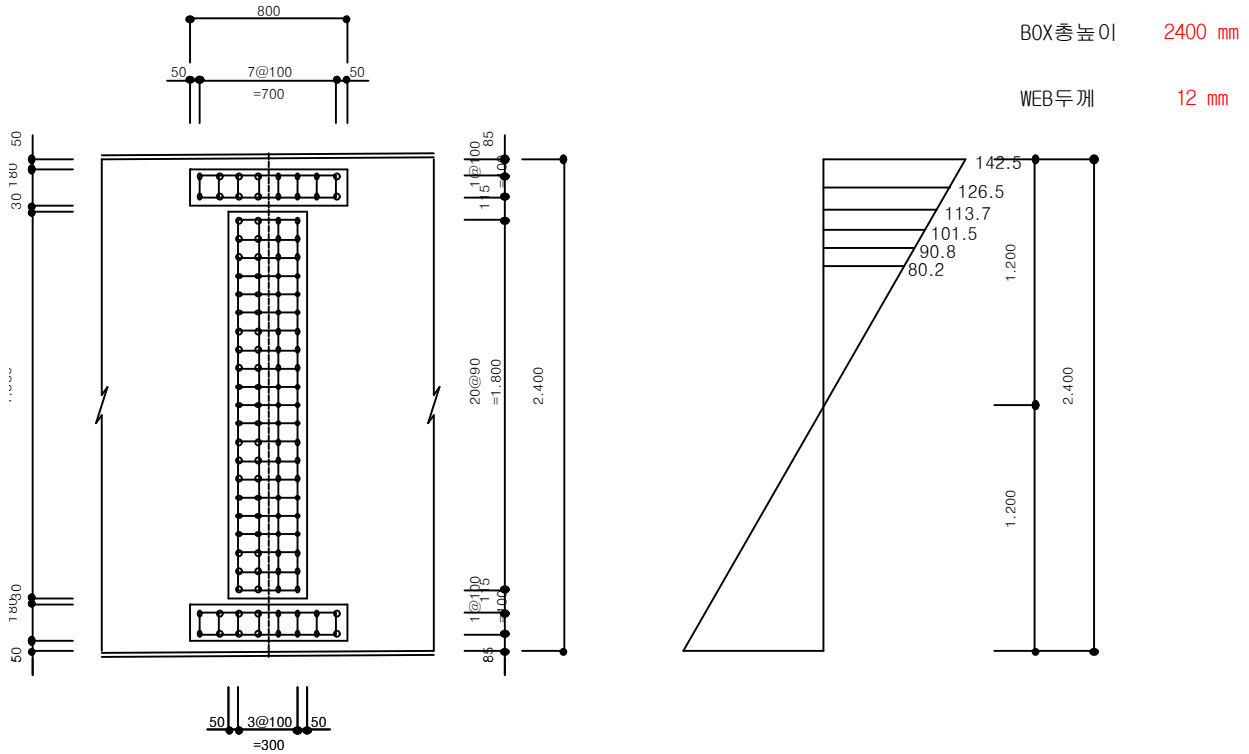
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

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

$$\rho_s = \left[\frac{3213.1 \times 1000}{2} + \frac{1309.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 32021.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 32021.4^2)} = 73523.9 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 13840340901 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1410.21 - 1200.00)^2 = 15096621430 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8910.9 \times \frac{1.38403E+10}{2.28657E+11} = 539.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8244.3 \times \frac{1.50966E+10}{2.93999E+11} = 423.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 8910.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8244.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.93999E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1410.21 - 1200.00)^2 = 2.11634E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1037.8 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1410.2 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{539.367 \times 1000000}{19209232513} \times 1271.820 + \frac{423.339 \times 1000000}{21163446669} \times 1037.790 \\
 &= 35.711 + 20.759 = 56.470 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{539.367 \times 1000000}{19209232513} \times 1176.180 + \frac{423.339 \times 1000000}{21163446669} \times 1410.210 \\
 &= 33.025 + 28.209 = 61.234 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

17) SPLICE - 17 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 7097.820 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8893.670 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 999.981 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 867.462 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1043.290 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 99.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -94.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

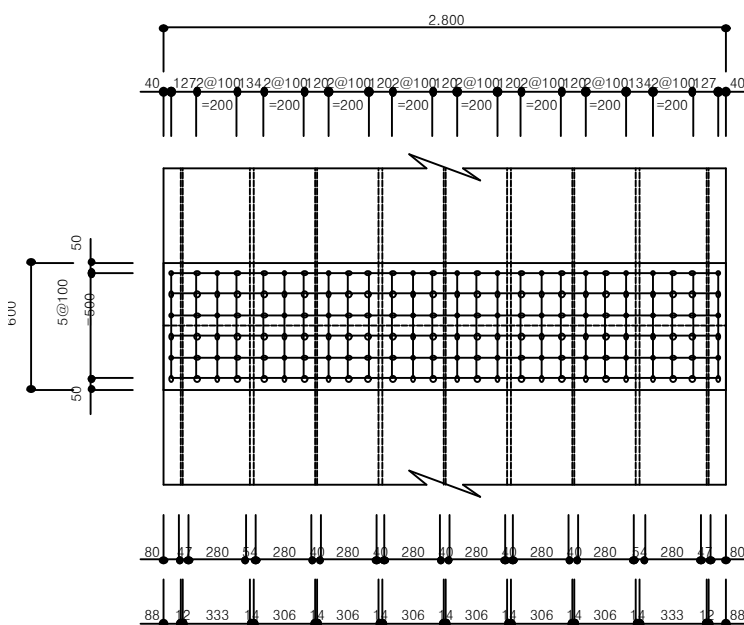
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 99.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa} , 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.000\text{E}+06 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{8.675\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.57571\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 10197 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(999.98 kN) , S_v : 합성후 전단력(867.46 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.66 - 6.0) = 16923010 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.57571\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

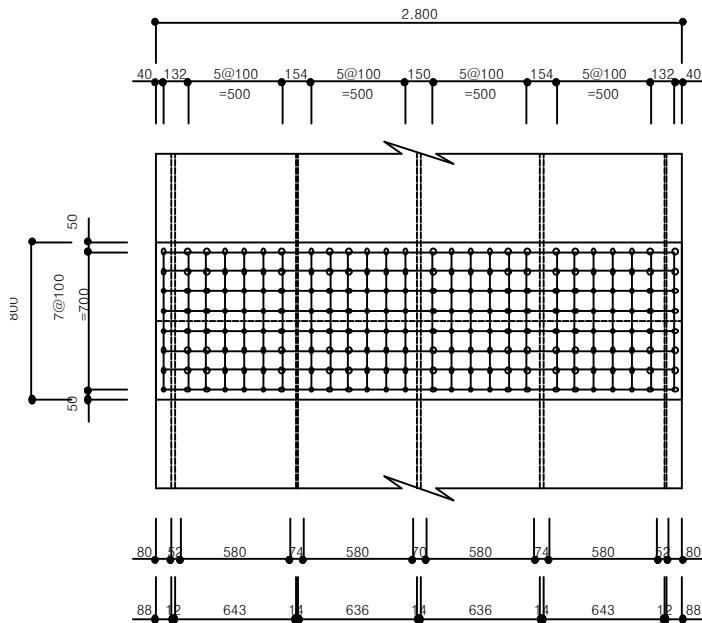
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 10197.3^2} = 62225.8 \text{ N/EA} < \rho_a , 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 94.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.000\text{E}+06 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{8.675\text{E}+05 \times 9.633\text{E}+07}{3.57571\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 15090 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(999.981 kN) , S_v : 합성후 전단력(867.462 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1920.34 - 9.0) = 96331486 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.57571\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 15089.8^2} = 70687.2 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

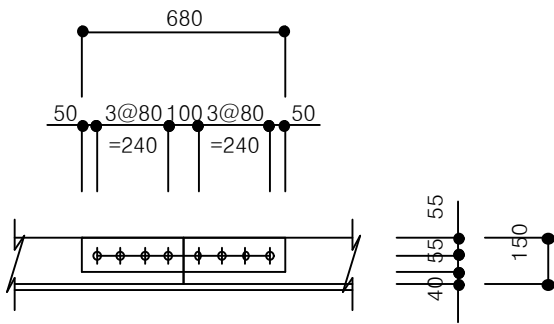
④ 모재의 응력검토

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

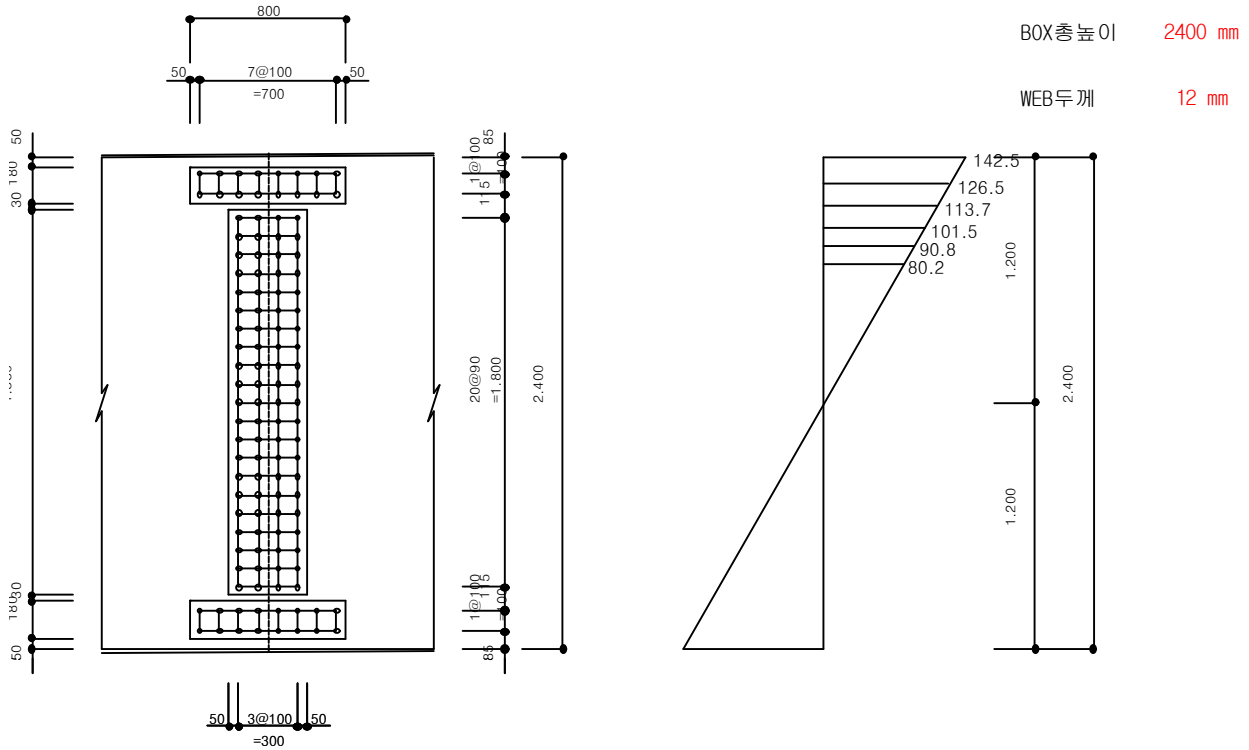
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ 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 : $St = Mt / (2b)$

$$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t), \quad \tau_t = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = b \cdot h \quad (\text{도.설.해 3.8.2.3})$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1867.4 \times 1000}{2} + \frac{1043.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 19541.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 19541.9^2)} = 69009.2 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1920.34 - 1200.00)^2 = 28767982318 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7097.8 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 560.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8893.7 \times \frac{2.87680E+10}{3.57571E+11} = 715.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 7097.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 8893.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.57571E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1920.34 - 1200.00)^2 = 4.24300E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 509.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1920.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{560.128 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{715.530 \times 1000000}{42430008050} \times 509.661 \\
 &= 37.145 + 8.595 = 45.739 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{560.128 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{715.530 \times 1000000}{42430008050} \times 1920.339 \\
 &= 33.404 + 32.384 = 65.788 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

18) SPLICE - 18 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 13078.500 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 11739.100 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 354.217 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 523.663 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 555.448 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 138.4 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -148.5 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

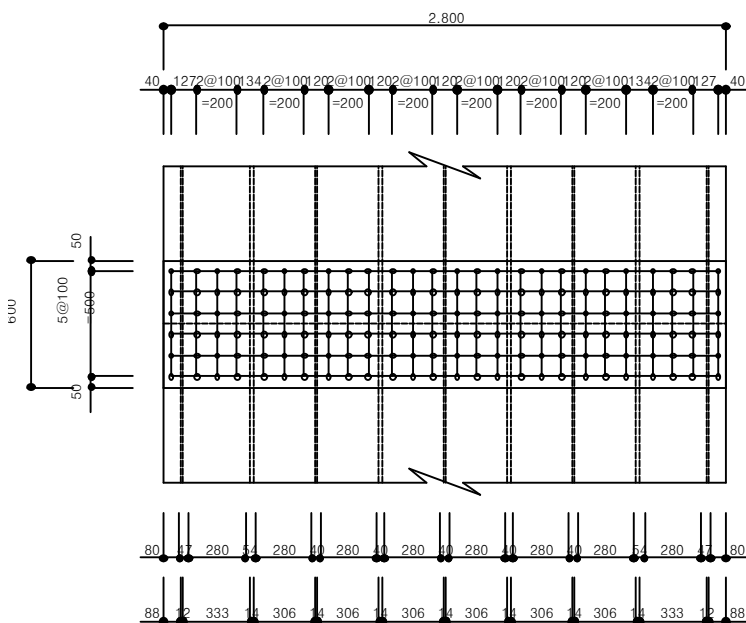
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 138.4 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{3.542\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.237\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.57571\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3980 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(354.22 kN) , S_v : 합성후 전단력(523.66 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.66 - 6.0) = 16923010 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.57571\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

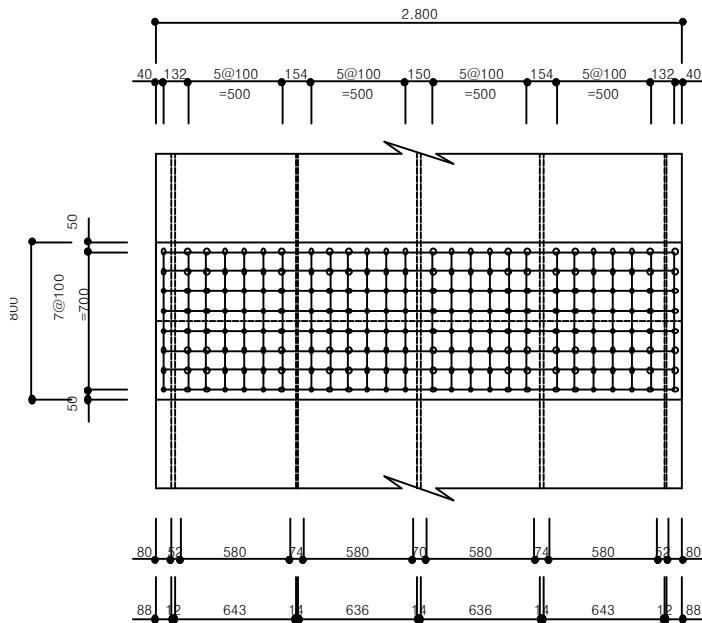
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 3979.7^2} = 61513.5 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 148.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 148.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 148.5}{96000.0} \approx 78 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 148.5}{190.0} = 39394.8 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 39394.8 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 148.5}{55720.0} = 134.3 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 148.5}{104 \text{ EA}} = 71971.2 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.542\text{E}+05 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.237\text{E}+05 \times 9.633\text{E}+07}{3.57571\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6915 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(354.217 kN) , S_v : 합성후 전단력(523.663 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1920.34 - 9.0) = 96331486 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.57571\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{휨방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{71971.2^2 + 6914.7^2} = 72302.7 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

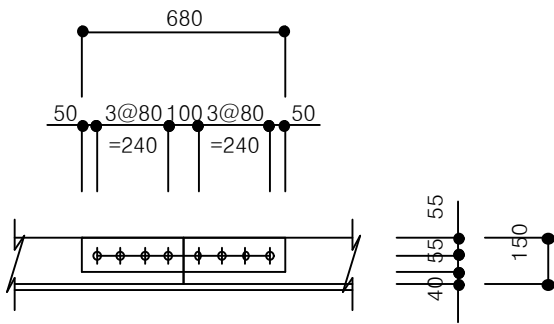
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력} \quad f_l = \frac{50400.0 \times 148.5}{38700.0} = 193.4 > f_a \quad \text{N.G}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 148.5}{96000.0} \approx 3.2 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 148.5}{190.0} = 1641.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

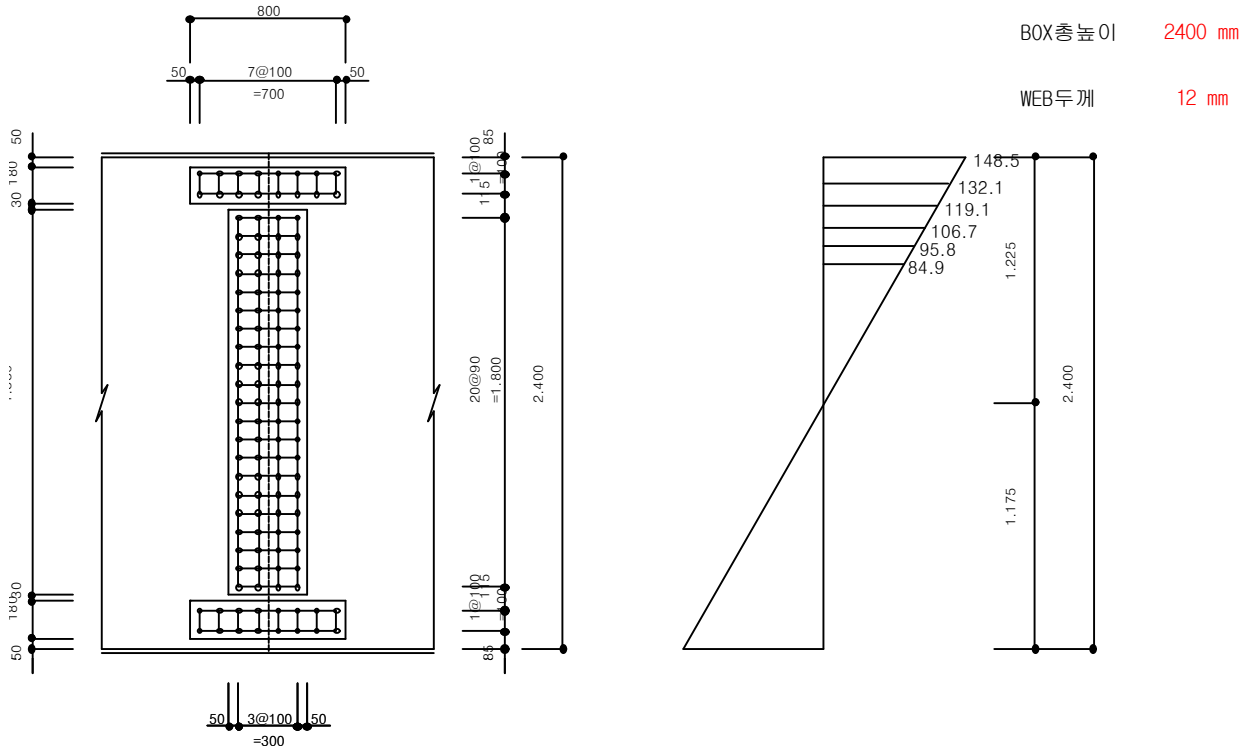
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1641.4 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 148.5}{2040.00} = 152.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1225$ mm

$$f_1 = f_l = 148.512 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 132.143 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 119.108 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 106.679 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 95.766 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 84.853 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{148.512 + 132.143}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 56832.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{132.143 + 119.108}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 40514.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{119.108 + 106.679}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2 \text{ EA} = 69429.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{106.679 + 95.766}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 54660.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{95.766 + 84.853}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 48767.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{877.9 \times 1000}{2} + \frac{555.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 9401.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(69430^2 + 9401.1^2)} = 70063.1 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1920.34 - 1200.00)^2 = 28767982318 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13078.5 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 1032.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 11739.1 \times \frac{2.87680E+10}{3.57571E+11} = 944.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 13078.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 11739.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.57571E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1920.34 - 1200.00)^2 = 4.24300E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 509.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1920.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{1032.097 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{944.456 \times 1000000}{42430008050} \times 509.661 \\
 &= 68.443 + 11.345 = 79.788 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{1032.097 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{944.456 \times 1000000}{42430008050} \times 1920.339 \\
 &= 61.551 + 42.745 = 104.296 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

19) SPLICE - 19 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 11228.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 9058.160 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 650.968 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 703.748 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1121.430 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 142.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -122.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

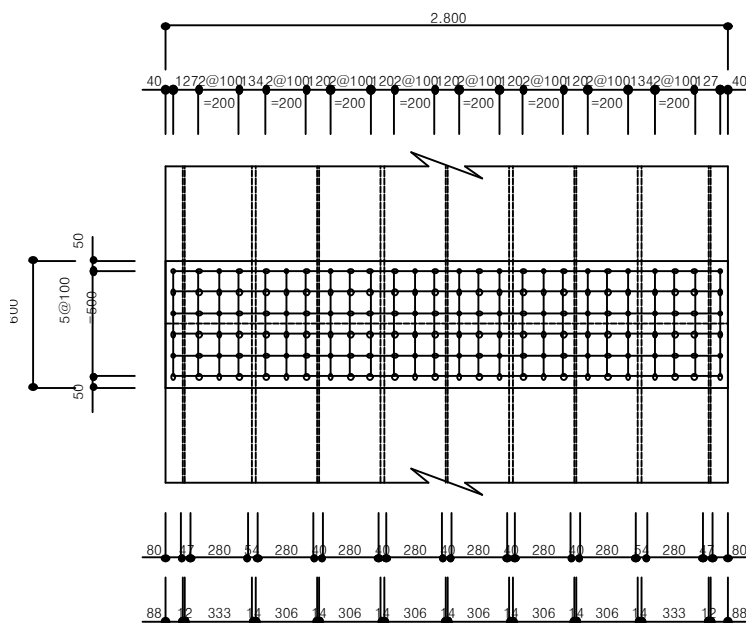
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 142.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.510\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{7.037\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.57571\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6875 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(650.97 kN) , S_v : 합성후 전단력(703.75 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.66 - 6.0) = 16923010 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.57571\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

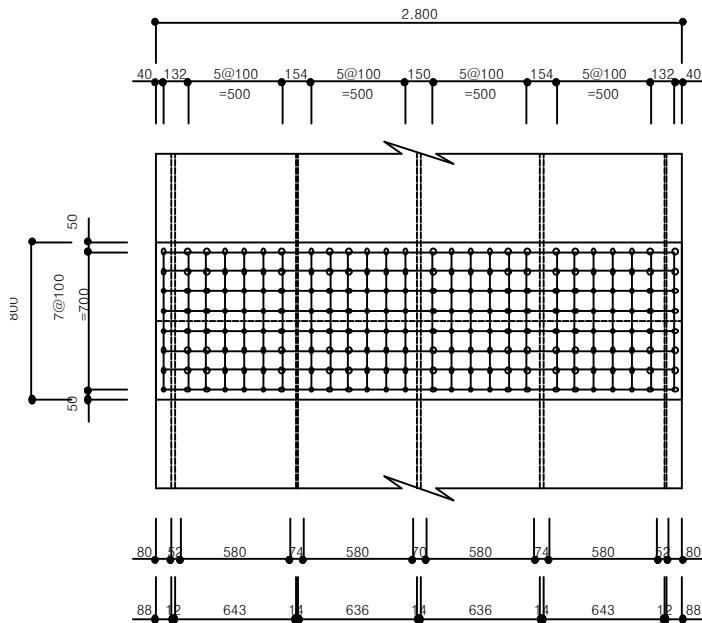
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6874.5^2} = 61768.4 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 122.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.510E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{7.037E+05 \times 9.633E+07}{3.57571E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 10832 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(650.968 kN) , S_v : 합성후 전단력(703.748 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1920.34 - 9.0) = 96331486 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.57571E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 10831.7^2} = 69902.1 \text{ N/EA} < \rho a , 0.K$$

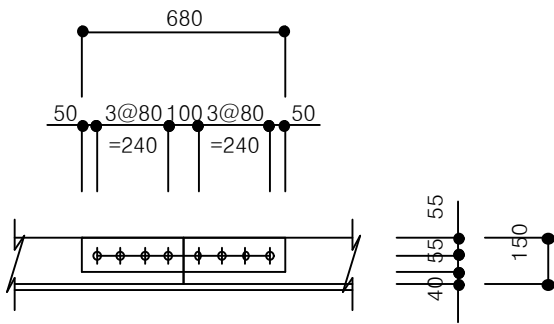
④ 모재의 응력검토

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

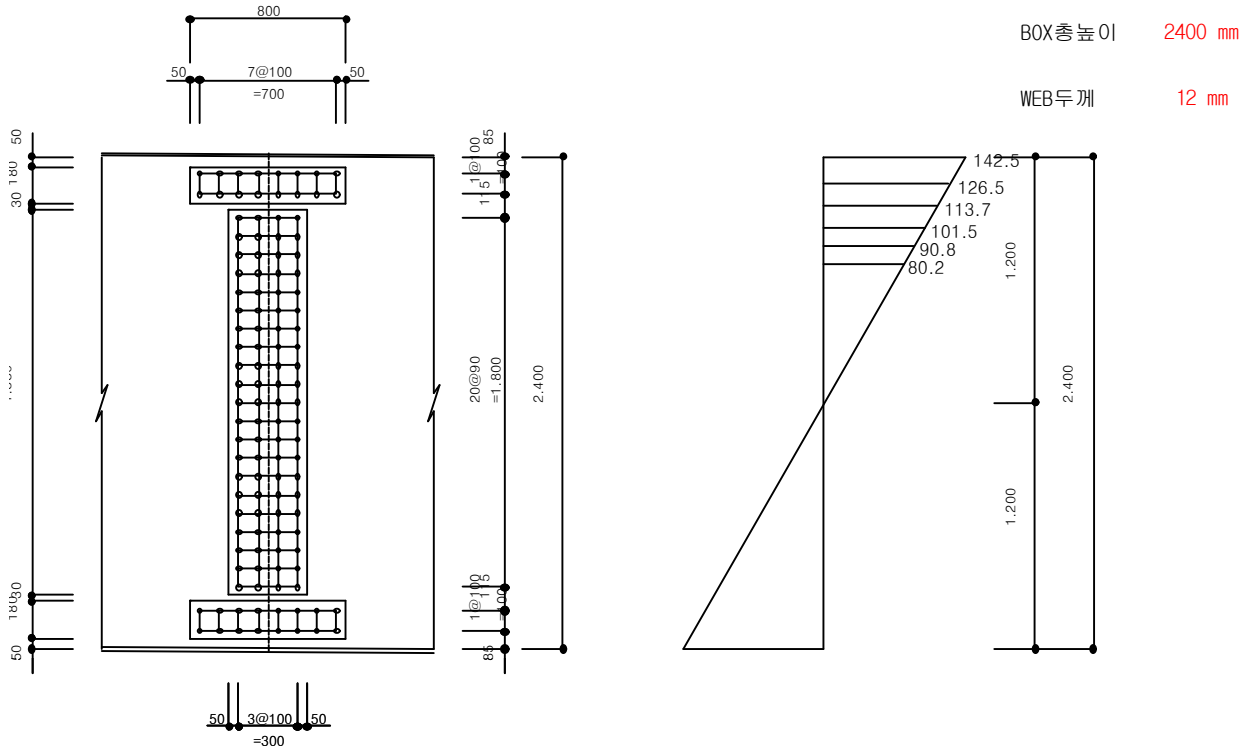
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ 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

$$\rho_s = \left[\frac{1354.7 \times 1000}{2} + \frac{1121.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 15379.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 15379.8^2)} = 67948.0 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1920.34 - 1200.00)^2 = 28767982318 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 11228.6 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 886.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 9058.2 \times \frac{2.87680E+10}{3.57571E+11} = 728.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, $M_s = 11228.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, $M_v = 9058.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.57571E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1920.34 - 1200.00)^2 = 4.24300E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 509.7 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1920.3 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{886.111 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{728.764 \times 1000000}{42430008050} \times 509.661 \\
 &= 58.762 + 8.754 = 67.516 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{886.111 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{728.764 \times 1000000}{42430008050} \times 1920.339 \\
 &= 52.845 + 32.983 = 85.828 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한다(도.설 3.5.2.4)

$$t_1 : \text{얇은쪽 모재의 두께 (mm)}$$

$$t_2 : \text{두꺼운쪽 모재의 두께 (mm)}$$

$$S : \text{필렛용접 치수 (mm)}$$

$$t_1 > S \geq \sqrt{2 \cdot t_2}$$

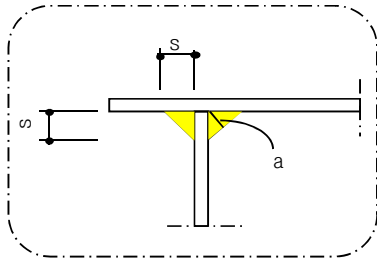
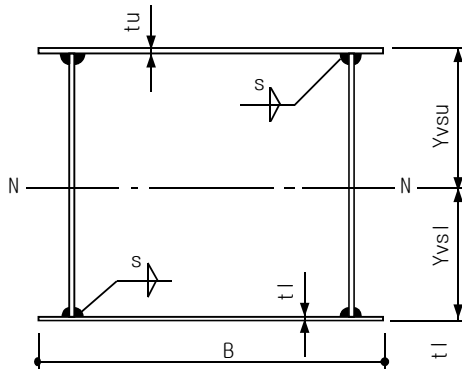
가) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

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	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정	S_{min}	S_{max}	S_{use}	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	12	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 5	18	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 6	24	24	12	6.9	12	7	OK	6.9	12	7	OK
단면 - 7	32	32	14	8.0	14	8	OK	8.0	14	8	OK
단면 - 8	32	24	12	8.0	12	8	OK	6.9	12	7	OK
단면 - 9	24	18	12	6.9	12	7	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 10	14	16	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 11	12	16	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 12	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK

2) 용접부의 응력 검토



용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로표 표준시방서 P26)

$$u = \frac{S \cdot Q}{I_v \cdot \sum a} < u_a$$

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 (mm⁴)

$$\sum a : \text{필렛 용접의 목두께의 합 (mm)} = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

응력 검토 결과

① 상부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	t _u (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Y _{vsu} (mm)	Q (mm ³)	I _v (mm ⁴)	s (mm)	Σa (mm)	U (MPa)	U _a (MPa)	비 고
단면-1	2553.76	12	2800	33600	756	2.519E+07	2.439E+11	6	17	15.5	110	OK
단면-2	2088.95	12	2800	33600	415	1.373E+07	2.923E+11	6	17	5.8	110	OK
단면-3	1929.7	12	2800	33600	512	1.700E+07	3.570E+11	6	17	5.4	110	OK
단면-4	2331.68	12	2800	33600	555	1.845E+07	3.843E+11	6	17	6.6	110	OK
단면-5	2951.06	18	2800	50400	950	4.745E+07	2.809E+11	6	17	29.4	110	OK
단면-6	3621.19	24	2800	67200	1040	6.905E+07	2.909E+11	7	20	43.4	110	OK
단면-7	4111.48	32	2800	89600	1079	9.527E+07	3.560E+11	8	23	48.6	110	OK
단면-8	3758.23	32	2800	89600	967	8.523E+07	3.106E+11	8	23	45.6	110	OK
단면-9	3081.24	24	2800	67200	915	6.066E+07	2.658E+11	7	20	35.5	110	OK
단면-10	1578.24	14	2800	39200	477	1.843E+07	3.369E+11	6	17	5.1	110	OK
단면-11	1722.93	12	2800	33600	483	1.603E+07	3.356E+11	6	17	4.8	110	OK

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	t l (mm)	B (mm)	A (mm ²)	YvsI (mm)	Q (mm ³)	Iv (mm ⁴)	s (mm)	Σ a (mm)	U (MPa)	U a (MPa)	비 고
단면-1	2553.76	12	2800	33600	1468	4.913E+07	2.439E+11	6	17	30.3	110	OK
단면-2	2088.95	12	2800	33600	2009	6.731E+07	2.923E+11	6	17	28.3	110	OK
단면-3	1929.7	18	2800	50400	1918	9.621E+07	3.570E+11	6	17	30.6	110	OK
단면-4	2331.68	18	2800	50400	1875	9.404E+07	3.843E+11	6	17	33.6	110	OK
단면-5	2951.06	18	2800	50400	1486	7.442E+07	2.809E+11	6	17	46.1	110	OK
단면-6	3621.19	24	2800	67200	1408	9.384E+07	2.909E+11	7	20	59.0	110	OK
단면-7	4111.48	32	2800	89600	1385	1.226E+08	3.560E+11	8	23	62.6	110	OK
단면-8	3758.23	24	2800	67200	1489	9.924E+07	3.106E+11	7	20	60.6	110	OK
단면-9	3081.24	18	2800	50400	1527	7.652E+07	2.658E+11	6	17	52.3	110	OK
단면-10	1578.24	16	2800	44800	1953	8.713E+07	3.369E+11	6	17	24.1	110	OK
단면-11	1722.93	16	2800	44800	1945	8.678E+07	3.356E+11	6	17	26.3	110	OK

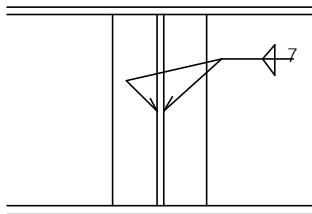
나) 지점부 보강재 용접부 검토

· 교대부

$$R_{\max} = 2847.837 \text{ kN}$$

$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2200$$



$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{2847.837 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times \text{####} \times 2200}$$

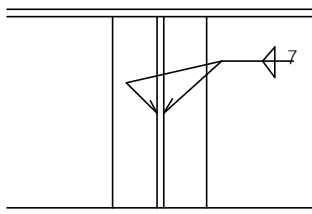
$$= 32.690 \text{ MPa} \leq U a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$

· 교각부

$$R_{\max} = 7690.154 \text{ kN}$$

$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2400$$



$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{7690.154 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times \text{####} \times 2400}$$

$$= 80.919 \text{ MPa} \leq U a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$

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)

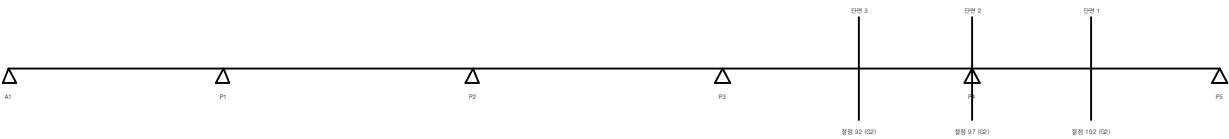
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회 이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회 이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	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

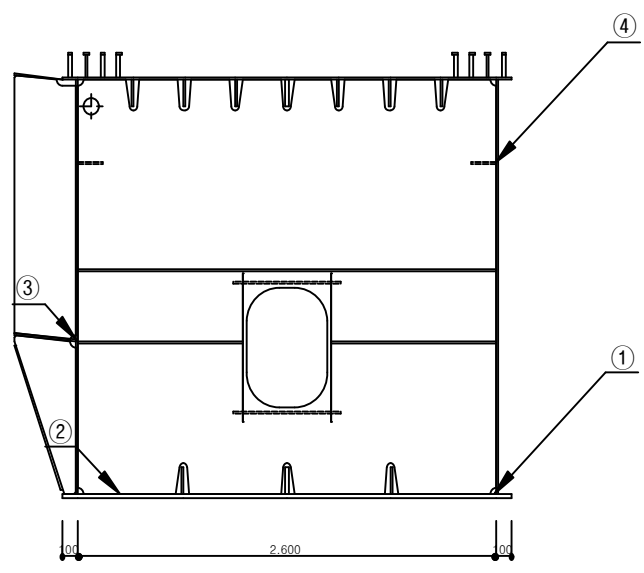
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



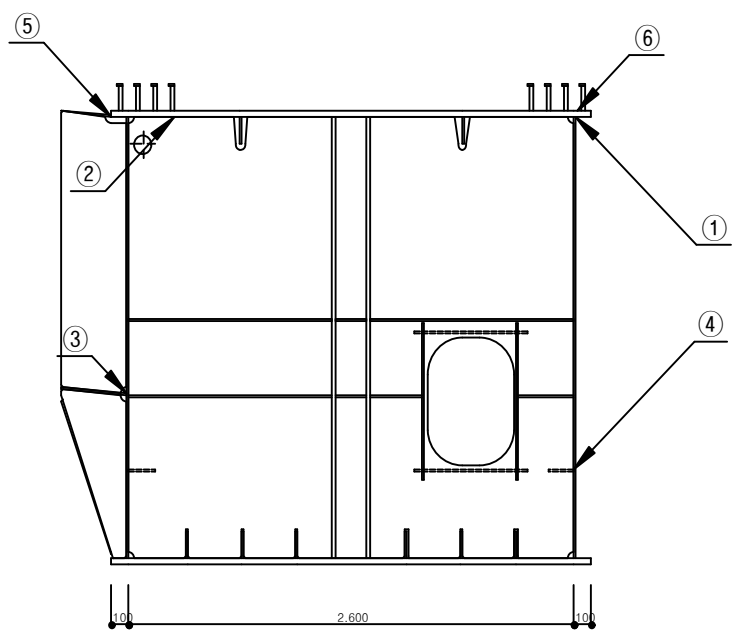
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



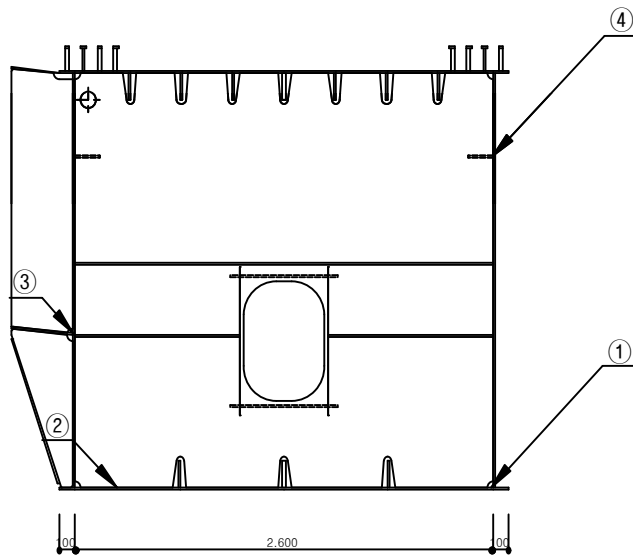
구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

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	8017.58	9246.108	3.603E+11	1889.9	42.054	48.497	B	126	203	0.K.
②				1889.9	42.054	48.497	C	91	147	0.K.
③				994.9	22.138	25.530	E	56	91	0.K.
④				30.1	0.670	0.772	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	5253.926	11046.68	3.616E+11	1072.8	15.588	32.774	B	126	203	0.K.
②				1072.8	15.588	32.774	C	91	147	0.K.
③				400.2	5.815	12.226	E	56	91	0.K.
④				815.2	11.845	24.905	E	56	91	0.K.
⑤				1088.8	15.820	33.263	E	56	91	0.K.
⑥				1104.8	16.053	33.752	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	7102.687	9068.453	3.381E+11	1916.4	40.259	51.401	B	126	203	0.K.
②				1916.4	40.259	51.401	C	91	147	0.K.
③				1021.4	21.457	27.396	E	56	91	0.K.
④				3.6	0.076	0.097	E	56	91	0.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 97 을 설정 하였음

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

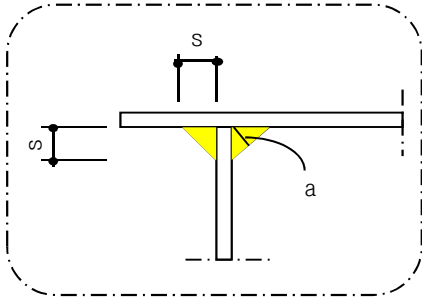
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(I) - t_u(I)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 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)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1647.148	32	2800	89600	1073	9.598E+07	#####	8	22.6	19.3	63	OK
DL하중	2185.675									25.6	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)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1647.148	32	2800	89600	1391	1.245E+08	#####	8	22.6	25.1	63	OK
DL하중	2185.675									33.3	84	OK

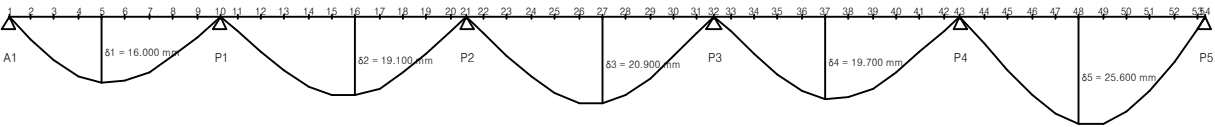
6.2 처짐 검토

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	-5.473	-10.600	-14.300	-16.000	-15.500	-13.200	-9.345	-4.694	0.000
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-3.151	-8.123	-12.900	-16.800	-19.000	-19.100	-17.300	-13.600	-8.781	-3.525
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	0.000	-3.692	-9.270	-14.500	-18.500	-20.800	-20.900	-18.700	-14.700	-9.529
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
처 짐 량	-3.837	0.000	-3.587	-8.951	-13.900	-17.700	-19.700	-19.600	-17.400	-13.500
절점NO.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
처 짐 량	-8.564	-3.364	-0.001	-6.268	-12.800	-18.700	-23.200	-25.600	-25.600	-22.900
절점NO.	51	52	53	54						
처 짐 량	-18.000	-11.000	-2.647	0.000						



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.500 m

$$\delta_1 = 16.000 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 44.5 \text{ m} / 500 = 89.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_2 = 19.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_3 = 20.900 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_4 = 19.700 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

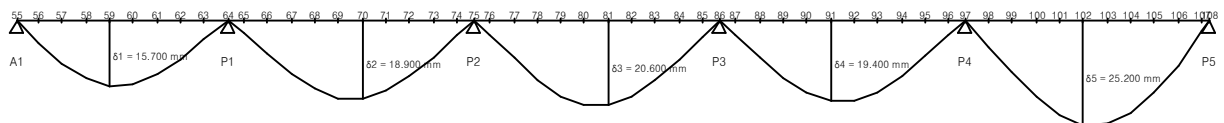
지간 길이 $L = 51.500 \text{ m}$

$$\delta_5 = 25.600 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.5 \text{ m} / 500 = 103.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점NO.	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
처짐량	0.000	-5.405	-10.500	-14.100	-15.700	-15.300	-13.000	-9.211	-4.620	-0.001
절점NO.	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
처짐량	-3.109	-8.027	-12.800	-16.600	-18.700	-18.900	-17.000	-13.400	-8.668	-3.474
절점NO.	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
처짐량	-0.001	-3.634	-9.141	-14.300	-18.300	-20.500	-20.600	-18.500	-14.500	-9.393
절점NO.	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
처짐량	-3.777	-0.001	-3.532	-8.832	-13.700	-17.500	-19.400	-19.300	-17.200	-13.300
절점NO.	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
처짐량	-8.453	-3.315	-0.001	-6.157	-12.600	-18.400	-22.800	-25.200	-25.100	-22.500
절점NO.	105	106	107	108						
처짐량	-17.600	-10.800	-2.601	0.000						



◆ 허용 처짐량

지간 길이 $L = 44.500 \text{ m}$

$$\delta_1 = 15.700 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 44.5 \text{ m} / 500 = 89.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 18.900 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_3 = 20.600 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_4 = 19.400 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 51.500 \text{ m}$

$$\delta_5 = 25.200 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.5 \text{ m} / 500 = 103.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$