

< 구조 계산서 >

목 차

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

- 10. 사용성 검토
 - 10.1 피로 검토
 - 10.2 처짐 검토
- 11. 솟음 (CAMBER)
- 12. 신축이음 검토

1. 설계기준

1) 교량제원

- i) 교량명 : 청도2교 부산방향 S1-S4
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : $L = 55.450 + 55.000 + 55.000 + 55.325 = 220.775 \text{ m}$
- v) 교량폭원 : $B = 12.600 \text{ m}$
- vi) 주형제원 : $B = 2.500 \text{ m}$ $H = 2.600 \text{ m}$
- vii) 사 각 : 90.0°

2) 하중

i) 고정하중

(도.설 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : $W_{c1} = 25.000 \text{ kN/m}^3$
- 무근 콘크리트 : $W_{c2} = 23.500 \text{ kN/m}^3$
- 강 재 : $W_s = 78.500 \text{ kN/m}^3$
- 아스팔트 포장 : $W_a = 23.000 \text{ kN/m}^3$

ii) 활하중

(도.설 2.1.3)

- DB-24 - $P_r = 96.000 \text{ kN}$
- $P_f = 24.000 \text{ kN}$
- DL-24 - $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$
- $P_m = 108.000 \text{ kN}$
- $P_s = 156.000 \text{ kN}$

- 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$

(도.설 2.1.4)

3) 사용재료

- i) 콘크리트 : 설계기준강도 $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_c = 25000 \text{ MPa}$
- 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, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400B 사용 (지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 E_s : 210000 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 :	190 : $\ell / r \leq 15$ 190-1.3($\ell / r - 15$): 15 < $\ell / r \leq 80$ 1,200,000 :	210 : $\ell / r \leq 14$ 210-1.5($\ell / r - 14$): 14 < $\ell / r \leq 76$ 1,200,000 :	260 : $\ell / r \leq 18$ 260-2.2($\ell / r - 18$): 18 < $\ell / r \leq 67$ 1,200,000 :
	$6,700 + (\ell / r)^2$ 93 < ℓ / r	$5,000 + (\ell / r)^2$ 80 < ℓ / r	$4,500 + (\ell / r)^2$ 76 < ℓ / r	$3,500 + (\ell / r)^2$ 67 < ℓ / 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 :	250 : $\ell / r \leq 18$ 250-2.1($\ell / r - 18$): 18 < $\ell / r \leq 69$ 1,200,000 :
	$7,300 + (\ell / r)^2$ 97 < ℓ / r	$5,300 + (\ell / r)^2$ 83 < ℓ / r	$4,700 + (\ell / r)^2$ 78 < ℓ / r	$3,600 + (\ell / r)^2$ 69 < ℓ / r
75 초과 100 이하	1,200,000 :	1,200,000 :	195 : $\ell / r \leq 14$ 195-1.3($\ell / r - 14$): 14 < $\ell / r \leq 79$ 1,200,000 :	245 : $\ell / r \leq 18$ 245-2.2($\ell / r - 18$): 18 < $\ell / r \leq 69$ 1,200,000 :
	$7,300 + (\ell / r)^2$ 97 < ℓ / r	$5,300 + (\ell / r)^2$ 83 < ℓ / r	$4,900 + (\ell / r)^2$ 79 < ℓ / r	$3,700 + (\ell / r)^2$ 69 < ℓ / r

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 종단면의 단면회전반경 (mm)

- 허용 휨압축응력 (MPa)

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

형좌굴이 일어나기 어려운 경우

(도.설 표 3.3.4(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		SM490Y	SM 570

판두께 (mm)		SM400 SMA 41	SM490	SM520 SMA50	SMA 58
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 (mm ²) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (mm ²) 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 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판두께 (mm)				
40 이하	240	320	360	460
40 초과 75 이하	220	300 (320)	340 (360)	440 (460)
75 초과 100 이하			330 (360)	430 (460)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 강재들보의 허용응력 증가율

(도.설 표 3.9.4)

하 중 의 조 합			증 가 율 (%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압 축 연	15	0
		인 장 연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재주형과의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가 설 시 하 중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

iv) 마찰이음용 고장력 볼트 허용력 (1볼트 1마찰면 마다) (단 위 : 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	

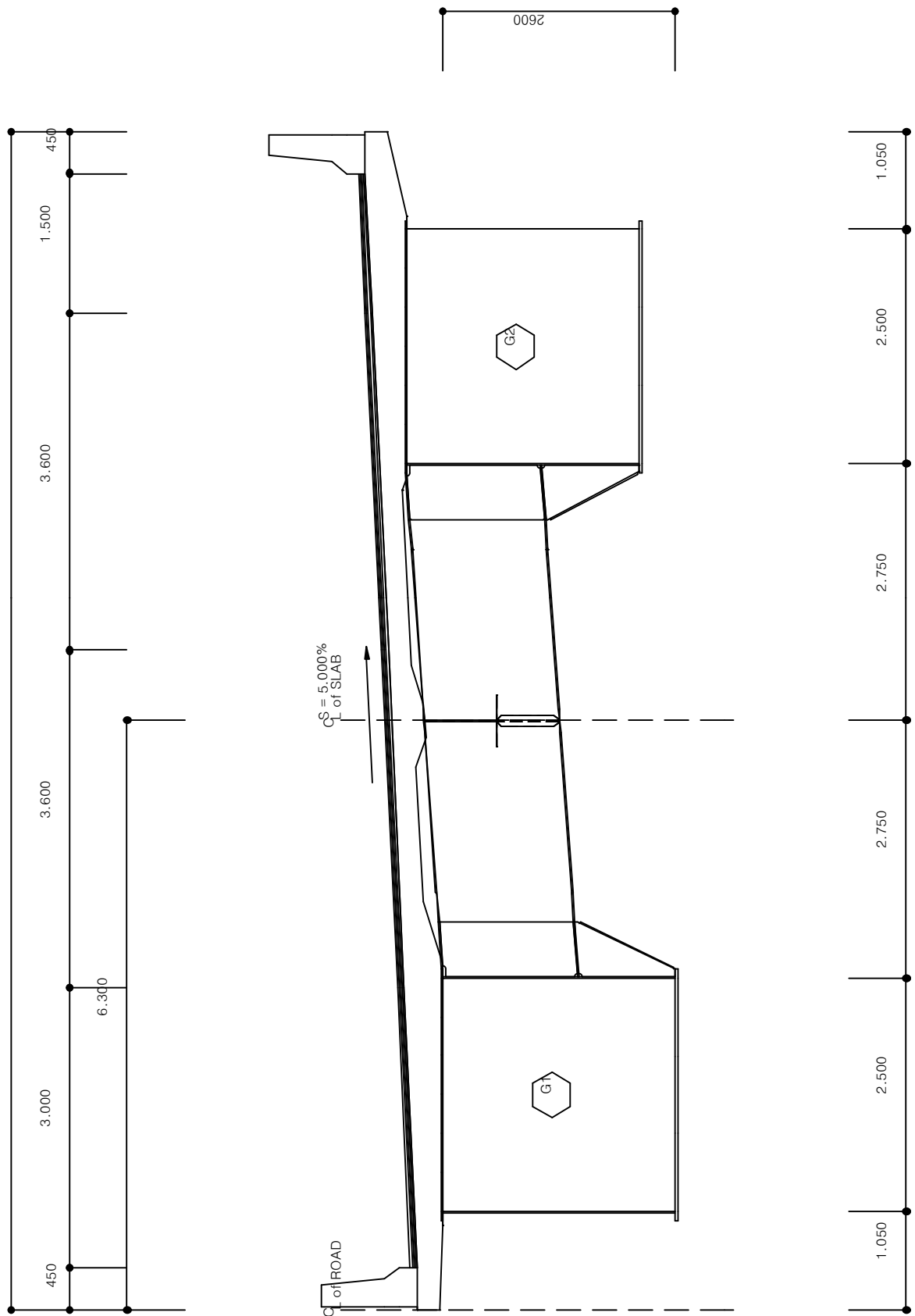
4) 설계방법

- 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)

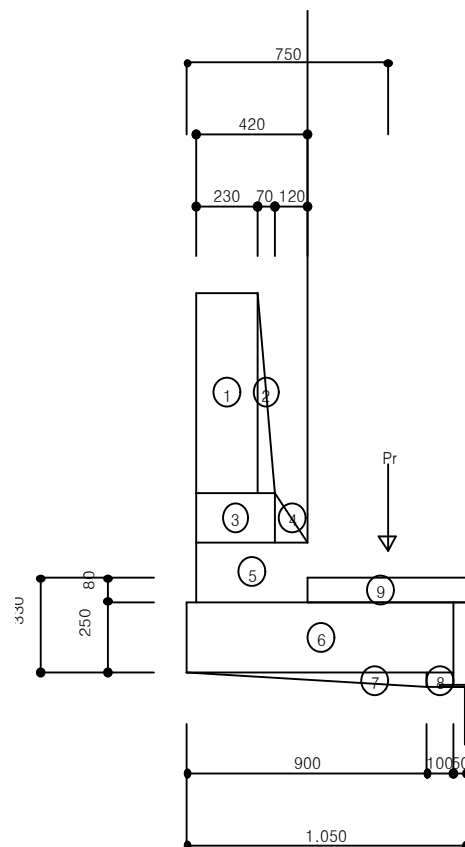
2. 단면가정



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)	1500 m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.550 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.900 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	$0.23 \times 0.7 \times 25 = 4.025$	0.855	3.441
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 25 = 0.613$	0.717	0.439
3	$0.3 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.820	1.076
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.630	0.165
5	$0.42 \times 0.205 \times 25 = 2.153$	0.760	1.636

6	$1 \times 0.25 \times 25$	$= 6.250$	0.500	3.125
7	$\frac{1}{2} \times 0.9 \times 0.05 \times 25$	$= 0.563$	0.400	0.225
8	$0.1 \times 0.05 \times 25$	$= 0.125$	0.050	0.006
9	$0.55 \times 0.08 \times 23$	$= 1.012$	0.275	0.278
TOTAL		16.315		10.392

$$\therefore M_d = 10.392 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.25 + 1.14 = 1.34 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.250 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.25) = 0.373 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{I+i} = P_r / E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.34) \times 0.25 \times (1 + 0.3) = 23.284 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

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

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

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

$$\text{작용높이 } h = 1.080 \text{ m}$$

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

② 방호벽 상단에 횡방향으로 $H = 10 \text{ kN/m}$ 의 수평하중 재하시

$$\text{작용높이 } h = 1.080 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.080 = 10.800 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

곡선반경 $R > 200\text{m}$ 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)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{120^2}{1500} (\%) = 7.584 (\%)$$

$$P_{cf} = P_r / E \times 7.584 / 100 = 5.433 \text{ kN/m}$$

$$M_{cf} = 5.433 \times 1.8 = 9.779 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 \quad Md + 2.15 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf \\ &= 1.3 \times 10.392 + 2.15 \times 23.284 + 1.3 \times 9.779 = 76.283 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf + 1.3 \quad Mco \\ &= 1.3 \times 10.392 + 1.3 \times 23.284 + 1.3 \times 9.779 + 1.3 \times 35.1 \\ &= 102.122 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf + 0.65 \quad Mw \\ &= 1.3 \times 10.392 + 1.3 \times 23.284 + 1.3 \times 9.779 + 0.65 \times 1.74 \\ &= 57.623 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 \quad Md + 1.2 \quad Mw + 1.2 \quad Mco \\ &= 1.2 \times 10.392 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 35.1 = 56.679 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{5} \quad Mu5 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad Mw \\ &= 1.3 \times 10.392 + 1.3 \times 1.74 \\ &= 15.772 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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)

$$h_{\min} = (280 \cdot L + 18\{(280 \times 0.25) + 180\}) = 250 \text{ mm} > 220 \text{ mm} \Rightarrow \underline{300 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

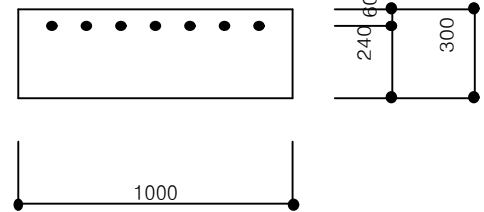
자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ M_u &= 102.122 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300 \text{ mm} \\ d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\ &= 102122000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1314.2 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1752.3 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[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]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 226.154 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} & T &= f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 122.167 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 102.122 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.000} = 120 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1314.209 \times 0.67 = 880.5 \text{ mm}^2$$

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

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

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 1314.2 \text{ mm}^2 \times 2 = 2628.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 19 @ 200} &= 1432.5 \text{ mm}^2 \\ \text{H 19 @ 200} &= 1432.5 \text{ mm}^2 \\ \hline \text{Asuse} &= 2865.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 880.5 \text{ mm}^2 \times 2 = 1761.0 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 19 @ 150} &= 1910.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1m) 이상 ----> 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$$t_{\min} = L / 10 = 1000.0 / 10 = 100.0 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{\max} = 43.977 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 10.392 + 23.284 + 9.779 + 0.522 \\ &= 43.977 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$f_{s\max} = \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{43.977 \times 1000000}{0.0066 \times 1000 \times 0.908 \times 240^2}$$

$$= 127.054 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

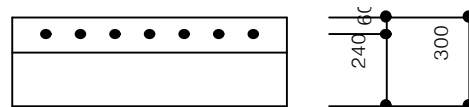
$$A = b \cdot h / 8 \quad EA = 1000 \times 120 / 8 = 15000.0 \text{ mm}^2$$

A : 주인장철근 주위의 콘크리트

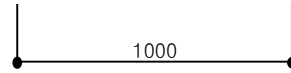
단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이



위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

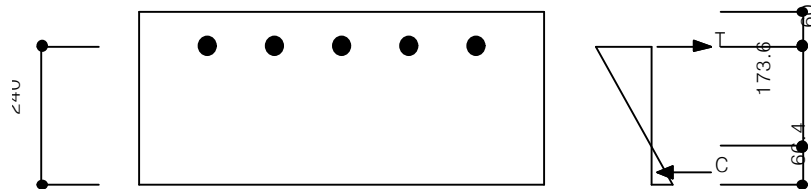
$$\textcircled{a} \quad \omega_a = 0.0050 \times t_c \quad (\text{철근 콘크리트 일반 환경 조건})$$

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

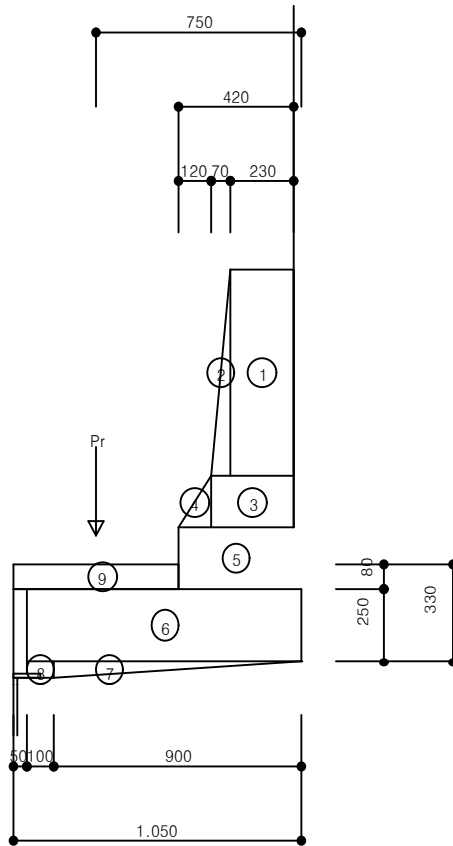
$$\textcircled{나} \quad \omega_a = 0.0050 \times 52 = 0.26 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{다} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{(d_c \times A)} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.35 \times 127.054 \times \sqrt[3]{(60 \times 15000.0)} \times 0.00001 \\ &= 0.178 \text{ mm} < \omega_a = 0.260 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

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 =	0.230 m
아스팔트포장 단위중량	23.000 kN/m ³	H2 =	0.205 m	L2 =	0.070 m
설계 속도	120.0 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.120 m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	96.000 kN	H4 =	0.700 m	L4 =	0.550 m
곡선 반경(R)	1500 m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.900 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.100 m
				L7 =	0.050 m
				L8 =	0.750 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.23 \times 0.7 \times 25 = 4.025$	0.855	3.441
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 25 = 0.613$	0.717	0.439
3	$0.3 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.820	1.076
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.630	0.165
5	$0.42 \times 0.205 \times 25 = 2.153$	0.760	1.636
6	$1 \times 0.25 \times 25 = 6.250$	0.500	3.125

7	$\frac{1}{2} \times 0.9 \times 0.05 \times 25$	$= 0.563$	0.400	0.225
8	$0.1 \times 0.05 \times 25$	$= 0.125$	0.050	0.006
9	$0.55 \times 0.08 \times 23$	$= 1.012$	0.275	0.278
TOTAL		16.315		10.392

$$\therefore M_d = 10.392 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.25 + 1.14 = 1.34 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.250 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.25) = 0.373 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$Ml+i = P_r / E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.34) \times 0.25 \times (1 + 0.3) = 23.284 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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 $H = 10 \text{ kN/m}$ 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 $R > 200\text{m}$ 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)

$$\begin{aligned} CF &= 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{120^2}{1500} (\%) = 7.584 (\%) \\ P_{cf} &= P_r / E \times 7.584 / 100 = 5.433 \text{ kN/m} \\ M_{cf} &= 5.433 \times 1.8 = 9.779 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

마) 풍하중

$$\begin{aligned} P_w &= 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.000 \text{ m} = 3.000 \text{ kN/m} \\ M_w &= 3.000 \text{ kN/m} \times 0.580 \text{ m} = 1.740 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

바) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned}
① \quad Mu1 &= 1.3 \, Md + 2.15 \, MI+i + 1.3 \, Mcf \\
&= 1.3 \times 10.392 + 2.15 \times 23.284 + 1.3 \times 9.779 = 76.283 \, \text{kN} \cdot \text{m/m} \\
② \quad Mu2 &= 1.3 \, Md + 1.3 \, MI+i + 1.3 \, Mcf + 1.3 \, Mco \\
&= 1.3 \times 10.392 + 1.3 \times 23.284 + 1.3 \times 9.779 + 1.3 \times 35.1 = 102.122 \, \text{kN} \cdot \text{m/m} \\
③ \quad Mu3 &= 1.3 \, Md + 1.3 \, MI+i + 1.3 \, Mcf + 0.65 \, Mw \\
&= 1.3 \times 10.392 + 1.3 \times 23.284 + 1.3 \times 9.779 + 0.65 \times 1.74 = 57.623 \, \text{kN} \cdot \text{m/m} \\
④ \quad Mu4 &= 1.2 \, Md + 1.2 \, Mw + 1.2 \, Mco \\
&= 1.2 \times 10.392 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 35.1 = 56.679 \, \text{kN} \cdot \text{m/m} \\
⑤ \quad Mu5 &= 1.3 \, Md + 1.3 \, Mw \\
&= 1.3 \times 10.392 + 1.3 \times 1.74 = 15.772 \, \text{kN} \cdot \text{m/m}
\end{aligned}$$

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 ($X \leq 0.25$ 인 경우) (도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (280 \cdot L + 18\{(280 \times 0.25) + 180\}) = 250 \, \text{mm} > 220 \, \text{mm} \Rightarrow \underline{300 \, \text{mm}} \text{ 사용}$$

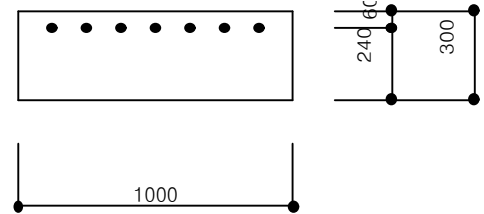
자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ M_u &= 102.122 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300 \text{ mm} \\ d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\ &= 102122000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1314.2 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1752.3 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[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]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a / 0.85 = 32.578 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 226.154 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 122.167 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 102.122 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.000} = 120 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1314.209 \times 0.67 = 880.5 \text{ mm}^2$$

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

$$\text{USE } H 19 @ 150 = 1910.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 1314.2 \text{ mm}^2 \times 2 = 2628.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 19 @ 200} &= 1432.5 \text{ mm}^2 \\ \text{H 19 @ 200} &= 1432.5 \text{ mm}^2 \\ \hline \text{Asuse} &= 2865.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 880.5 \text{ mm}^2 \times 2 = 1761.0 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 19 @ 150} &= 1910.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1m) 이상 ----> 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$$t_{\min} = L / 10 = 1000.0 / 10 = 100.0 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{\max} = 43.977 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 10.392 + 23.284 + 9.779 + 0.522 \\ &= 43.977 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$f_{s\max} = \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{43.977 \times 1000000}{0.0066 \times 1000 \times 0.908 \times 240^2}$$

$$= 127.054 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

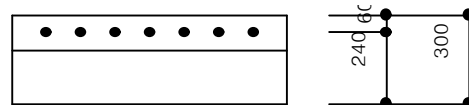
$$A = b \cdot h / 8 \quad EA = 1000 \times 120 / 8 = 15000.0 \text{ mm}^2$$

A : 주인장철근 주위의 콘크리트

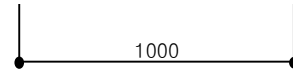
단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이



위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

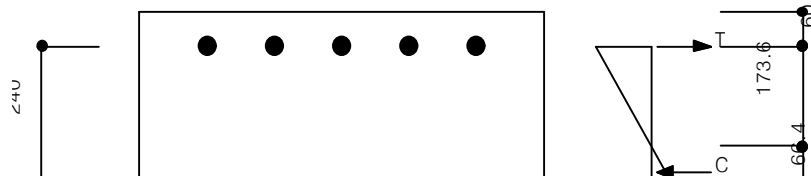
$$\textcircled{a} \quad \omega_a = 0.0050 \times t_c \quad (\text{철근 콘크리트 일반 환경 조건})$$

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

$$\textcircled{나} \quad \omega_a = 0.0050 \times 52 = 0.26 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{다} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\frac{d_c \times A}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.35 \times 127.054 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 15000.0}{60 \times 15000.0}} \times 0.00001 \\ &= 0.178 \text{ mm} < \omega_a = 0.260 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

여기서, $\beta_c = \text{단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리} / \text{단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리}$
 $= 233.6 / 173.6 = 1.35$



3.2 중앙부

가. 중앙지간부

가) 고정하중

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

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

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

$$\text{계산지간 } L = 2.638 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 5$$

$$M_d = (1/10) \cdot W_d \cdot L^2 = (1/10) \times 8.09 \times 2.638^2 = 5.630 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : Pr : 96.0 kN)

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

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.638) = 0.352 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{I+i} = ((L+0.6) / 9.6) \cdot Pr \cdot (1+i) = ((2.638 + 0.6) / 9.6) \times 96 \times (1 + 0.3) = 42.094 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

$$M_{I+i} = 0.8 \times 42.094 = 33.675 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 원심하중 (도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{120^2}{1500} (\%) = 7.584 (\%)$$

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

$$\therefore E = 2.4 L / (L + 0.6) = 1.955$$

$$P_{cf} = Pr / E \times 7.584 / 100 = 3.724 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{cf} = 3.724 \times 1.8 = 6.703 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 5.63 + 2.15 \times 33.675 + 1.3 \times 6.703 = 88.434 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

마) 바닥판의 최소 두께 (도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (30 \cdot L + 130) = \{(30 \times 2.638) + 130\} = 209 \text{ mm} < 220 \text{ mm} \Rightarrow \underline{250 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

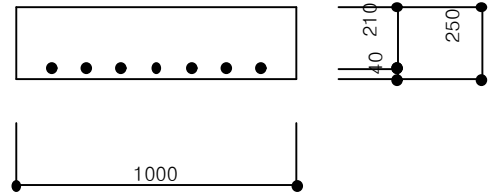
바) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ M_u &= 88.434 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000.00 \text{ mm} & h &= 250.00 \text{ mm} \\ d' &= 40.00 \text{ mm} & d &= 210.00 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -2.96 A_s^2 + 71400 A_s \\ &= 88434000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1309.76 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1746.35 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 420.00 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 735.00 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 682.00 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H \ 16 \ @ \ 250 &= 794.40 \text{ mm}^2 \\ H \ 16 \ @ \ 250 &= 794.40 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \quad 0.K.!! \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / 0.85 \times f_{ck} \times b = 27.692 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 196.154 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} & T &= f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 105.961 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 88.434 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K. \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.638} = 74 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1309.76 \times 0.67 = 877.5 \text{ mm}^2$$

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

$$\text{USE } \text{H 19} @ 150 = 1910.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

② 중앙지간 단부

[Req'd d&As]

들보단부이외의 중간지간의 바닥판에 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 1309.8 \text{ mm}^2 \times 2 = 2619.5 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 19} @ 200 &= 1432.5 \text{ mm}^2 \\ \text{H 19} @ 200 &= 1432.5 \text{ mm}^2 \\ \hline \text{Asuse} &= 2865.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned} \text{Req'd d\&As} &= 877.5 \text{ mm}^2 \times 2 = 1755.1 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } \text{H 19} @ 150 &= 1910.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!} \end{aligned}$$

[배치범위]

중앙부 바닥판의 고정하중에 대한 지간의 1/2이상(L=1.319m) --- 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (도.설 4.3)

$$t_{\min} = L / 28 = 2638. / 28 = 94.21 \text{ mm} < T = 250 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{\max} = 46.008 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$M = M_d + M_{I+i} + M_{cf} = 5.630 + 33.675 + 6.703 = 46.008 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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

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

$$f_{s\max} = \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{46.008 \times 1000000}{0.0076 \times 1000 \times 0.902 \times 210^2}$$

$$= 152.798 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

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

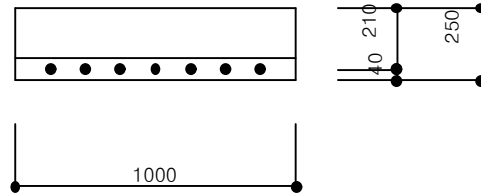
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

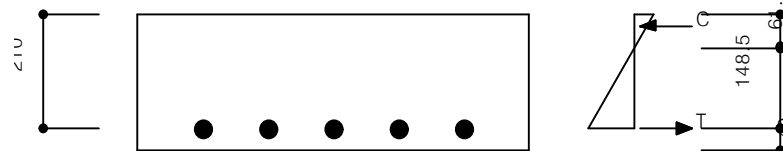
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

$$\begin{aligned} \textcircled{a} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{(d_c \times A)} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.27 \times 152.798 \times \sqrt[3]{(40 \times 10000.0)} \times 0.00001 \\ &= 0.154 \text{ mm} < \omega_a = 0.160 \quad \therefore 0.K \end{aligned}$$

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

$$= 188.5 / 148.5 = 1.27$$



3.3 내부지점부 주장을검토

(지점부 부모멘트 구간에 인장을 받는 바닥판 콘크리트의 교축방향 철근)

· 바닥판 콘크리트 단면적의 2% 이상 (도.설 3.9.2.3)

· 주장을 0.0045 mm / mm² 이상

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

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

· 사용 철근량 :

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

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

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

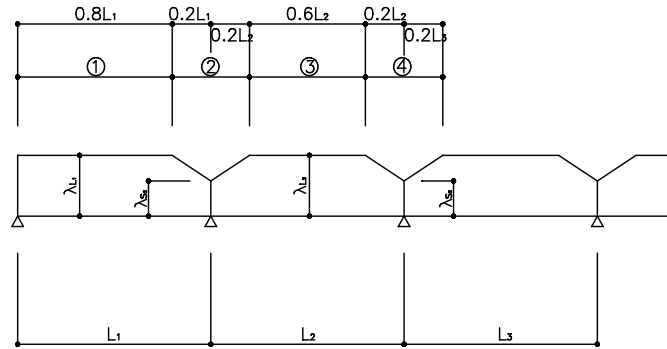
$$\therefore A_s = 7742.000 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 5000.000 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.!!}$$

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

4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단 지연 (SHEAR LAG) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려
가) 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



상부 : 복부간격 $2b = 2.500$ m, 플랜지돌출폭 $b_e = 0.100$ m

하부 : 복부간격 $2b = 2.500$ m, 플랜지돌출폭 $b_e = 0.100$ m

$L_1 = 54.500$ m

$L_2 = 55.000$ m

$L_3 = 55.000$ m

$L_4 = 54.500$ m

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 54.5 = 43.600 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L_1 + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L_1 + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (54.5 + 55) = 21.900 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.115 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.430 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.115 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.430 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 55 = 33.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 33 = 0.038$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 33 = 0.038$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (55 + 55) = 22.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 22 = 0.057$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.116 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S2 + b_e) = 2.432 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 22 = 0.057$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.116 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S2 + b_e) = 2.432 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L3 = 0.6 \times 55 = 33.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 33 = 0.038$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L3 = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L3 + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 33 = 0.038$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L3 = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L3 + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L3 + L4) = 0.2 \times (55 + 54.5) = 21.900 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S3 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.115 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S3 + b_e) = 2.430 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S3 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.115 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S3 + b_e) = 2.430 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L4 = 0.8 \times 54.5 = 43.600 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L4 = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L4 + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

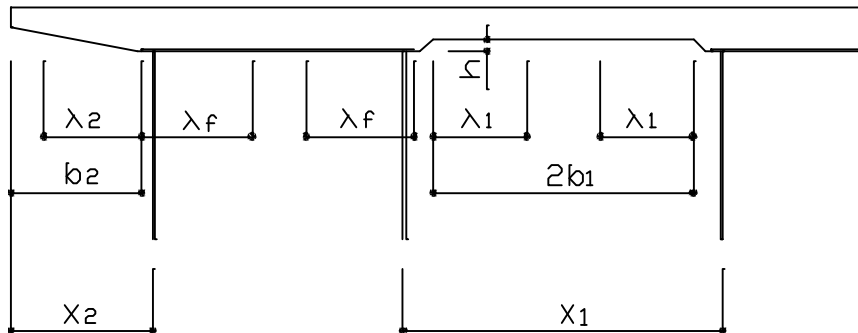
$$\lambda L4 = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L4 + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

나) 바닥판 유효폭 (도.설 3.9.2.4)

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

1) GIRDER - 1



$X_1 = 5.500$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.050$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 5.5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 5.200 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.05 - 0.1 = 0.950 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 54.5 = 43.600 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.55 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.250 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (54.5 + 55) = 21.900 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.933 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.883 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.296 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L_2 = 0.6 \times 55 = 33.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 33 = 0.079$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.45 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 33 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.150 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_2 + L_3) = 0.2 \times (55 + 55) = 22.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 22 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.936 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 22 = 0.043$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.884 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.302 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L_3 = 0.6 \times 55 = 33.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 33 = 0.079$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.45 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 33 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.150 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_3 + L_4) = 0.2 \times (55 + 54.5) = 21.900 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.933 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.883 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.296 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_4 = 0.8 \times 54.5 = 43.600 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.55 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022$$

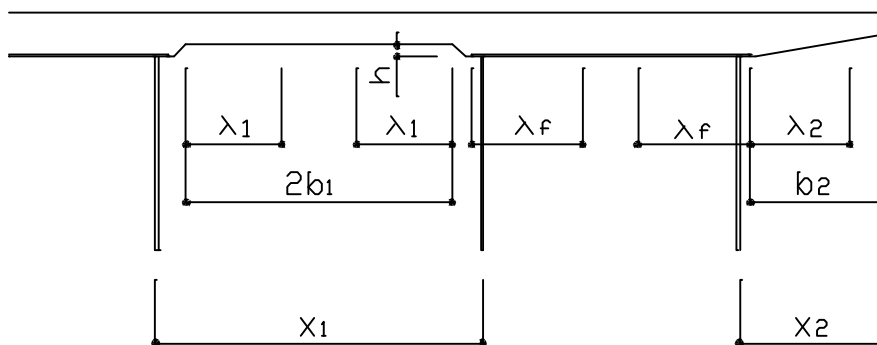
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.250 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



$X_1 = 5.500$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.050$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 5.5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 5.200 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.05 - 0.1 = 0.950 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 54.5 = 43.600 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.55 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.250 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (54.5 + 55) = 21.900 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.933 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.883 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.296 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 55 = 33.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 33 = 0.079$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.45 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 33 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.150 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (55 + 55) = 22.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 22 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.936 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 22 = 0.043$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.884 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.302 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L3 = 0.6 \times 55 = 33.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 33 = 0.079$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.45 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 33 = 0.029$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.150 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L3 + L4) = 0.2 \times (55 + 54.5) = 21.900 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.933 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.883 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.296 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L4 = 0.8 \times 54.5 = 43.600 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.55 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022$$

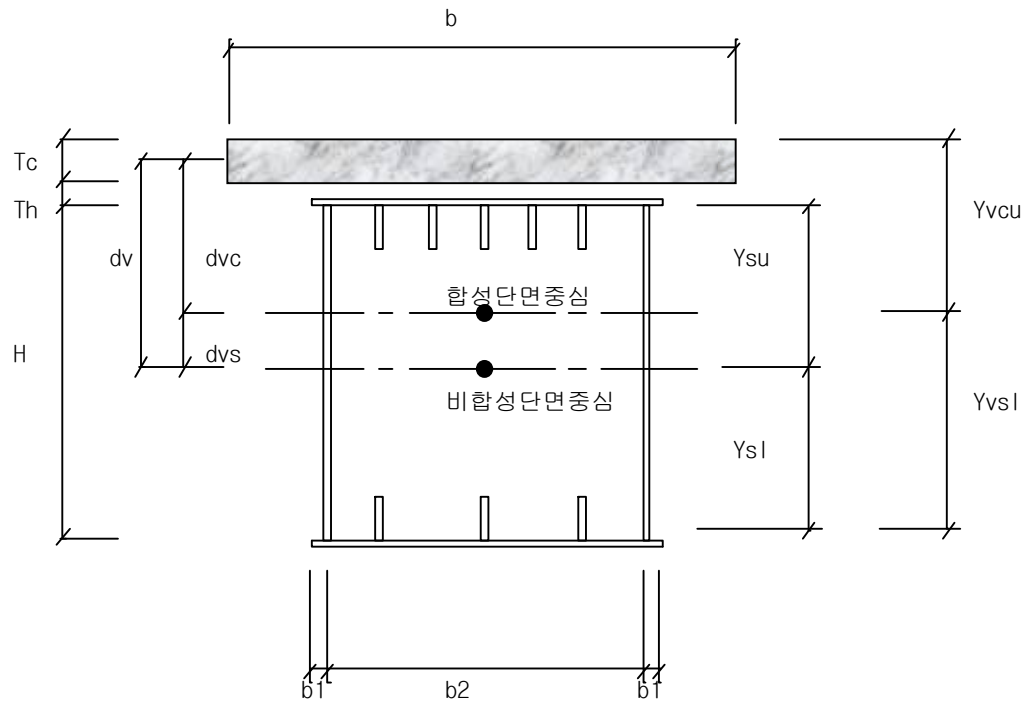
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.95 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.250 \text{ m}$$

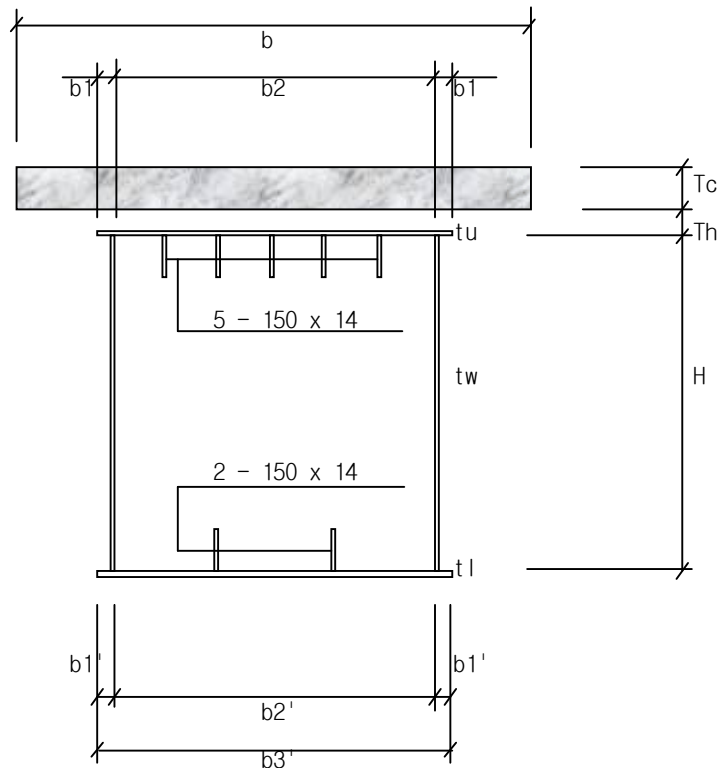
4.2 단 면 가 정



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

- b - 바닥판 콘크리트의 폭
- Tc - 바닥판 콘크리트의 두께
- Th - 바닥판 콘크리트의 현치 높이
- N - 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
- Ac - 바닥판 콘크리트의 단면적
- Av - 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적
- Ic - 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트
- dv - 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- dvc - 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- dvs - 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후단면에서의 도심축 이동량)
- I33 - 합성전 강재단면의 3축방향(중방향) 단면2차모멘트
- I22 - 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트
- Iv33 - 합성후 강재단면의 3축방향(중방향) 단면2차모멘트
- Iv22 - 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

◎ 단면 < 1 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1205.00	32535000	39204675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1125.00	-4725000	5315625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1205.00	-32535000	39204675000	225000
TOTAL		126300		7087500	97014037500	27676012500

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

$$= 97014037500 + 27676012500 = 124690050000 \text{ mm}^4$$

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

$$= 7087500 / 126300 = 56.12 \text{ mm}$$

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

$$= 124690050000 - 126300 \times 56.116^2 = 124292325089 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 123671764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2410.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2410^2) / (2 \times 2410/12 + 2512/10 + 2512/10) \\
&= 162155950297 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

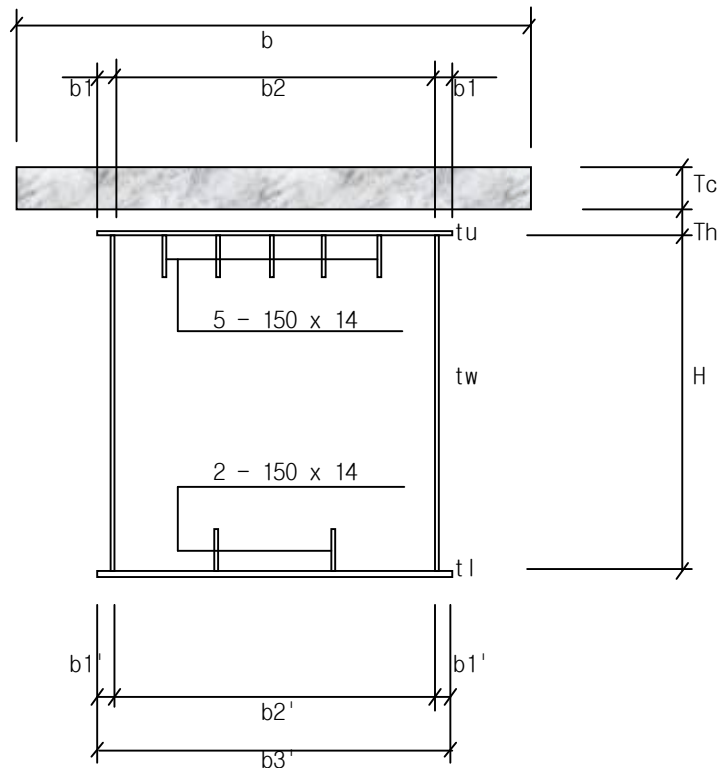
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 126300 + 1575000 / 8 = 323175 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 56.116 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1318.88 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1318.884 \times 126300 / 323175 = 515.43 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1318.884 - 515.433 = 803.45 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 124292325089 + 8203125000 / 8 + 126300 \times 803.451^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 515.433^2 = 259152531960 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 123671764800 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 774835827300 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2410^2) / (2 \times 2410/12 + 2512/41.25 + 2512/10) \\
&= 205389826543 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 2 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1305.00	-35235000	45981675000	225000
TOTAL		131100		7717500	114022537500	35180012500

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

$$= 114022537500 + 35180012500 = 149202550000 \text{ mm}^4$$

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

$$= 7717500 / 131100 = 58.87 \text{ mm}$$

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

$$= 149202550000 - 131100 \times 58.87^2 = 148748241791 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 131243995200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2610.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2610^2) / (2 \times 2610/12 + 2512/10 + 2512/10) \\
&= 183423648143 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

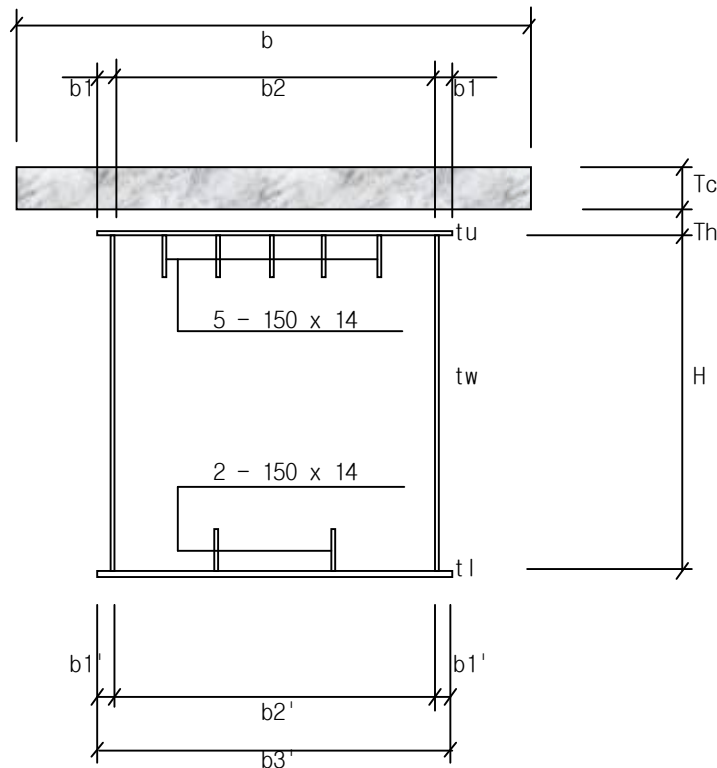
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 131100 + 1575000 / 8 = 327975 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 58.867 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1416.13 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1416.133 \times 131100 / 327975 = 566.06 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1416.133 - 566.064 = 850.07 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 148748241791 + 8203125000 / 8 + 131100 \times 850.068^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 566.064^2 = 307593050861 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 131243995200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 782408057700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2610^2) / (2 \times 2610/12 + 2512/41.25 + 2512/10) \\
&= 230145931176 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 3 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1306.00	42314400	55262606400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1307.00	-49404600	64571812200	617400
TOTAL		147300		627300	141893606100	35180568700

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

$$= 141893606100 + 35180568700 = 177074174800 \text{ mm}^4$$

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

$$= 627300 / 147300 = 4.26 \text{ mm}$$

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

$$= 177074174800 - 147300 \times 4.259^2 = 177071503345 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 141085495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2613^2) / (2 \times 2613/12 + 2512/12 + 2512/14) \\
&= 209080173861 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

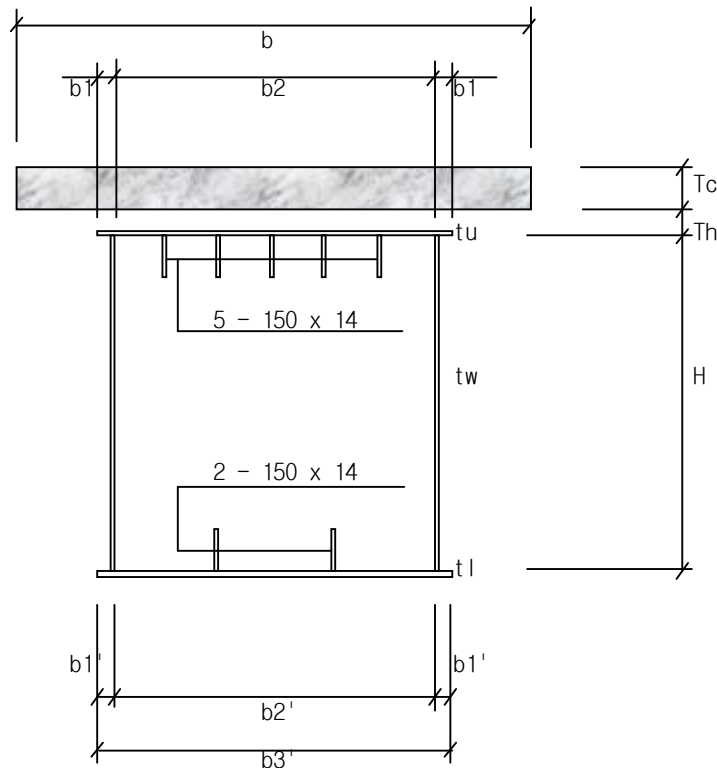
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 147300 + 1575000 / 8 = 344175 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 4.259 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1470.74 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1470.741 \times 147300 / 344175 = 629.45 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1470.741 - 629.448 = 841.29 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 177071503345 + 8203125000 / 8 + 147300 \times 841.294^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 629.448^2 = 360354893481 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 141085495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 792249557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2613^2) / (2 \times 2613/12 + 2512/43.25 + 2512/14) \\
&= 256068931132 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 4 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1308.00	56505600	73909324800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		179700		-13650300	198060539700	35182879900

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

$$= 198060539700 + 35182879900 = 233243419600 \text{ mm}^4$$

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

$$= -13650300 / 179700 = -75.96 \text{ mm}$$

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

$$= 233243419600 - 179700 \times (-75.96)^2 = 232206520935 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 160768495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 16.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2619.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2619^2) / (2 \times 2619/12 + 2512/16 + 2512/22) \\
&= 244642677074 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

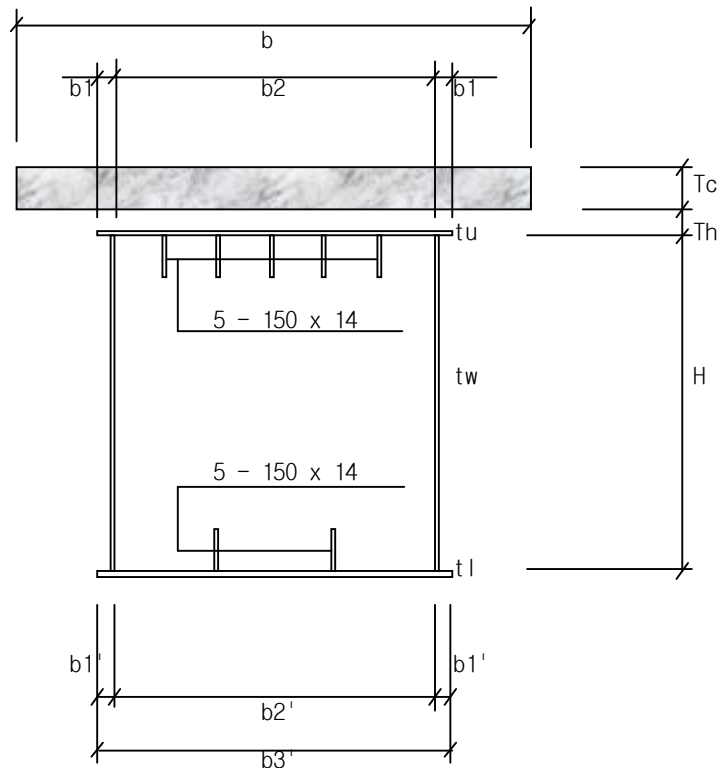
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 179700 + 1575000 / 8 = 376575 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 75.962 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1550.96 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1550.962 \times 179700 / 376575 = 740.11 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1550.962 - 740.112 = 810.85 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 232206520935 + 8203125000 / 8 + 179700 \times 810.849^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 740.112^2 = 459221928974 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 160768495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 811932557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2619^2) / (2 \times 2619/12 + 2512/47.25 + 2512/22) \\
&= 286710884196 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 5 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		142800		-7079400	132757406400	35191988800

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

$$= 132757406400 + 35191988800 = 167949395200 \text{ mm}^4$$

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

$$= -7079400 / 142800 = -49.58 \text{ mm}$$

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

$$= 167949395200 - 142800 \times (-49.576)^2 = 167598429483 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 134524495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2611.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2611^2) / (2 \times 2611/12 + 2512/10 + 2512/12) \\
&= 192110202989 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

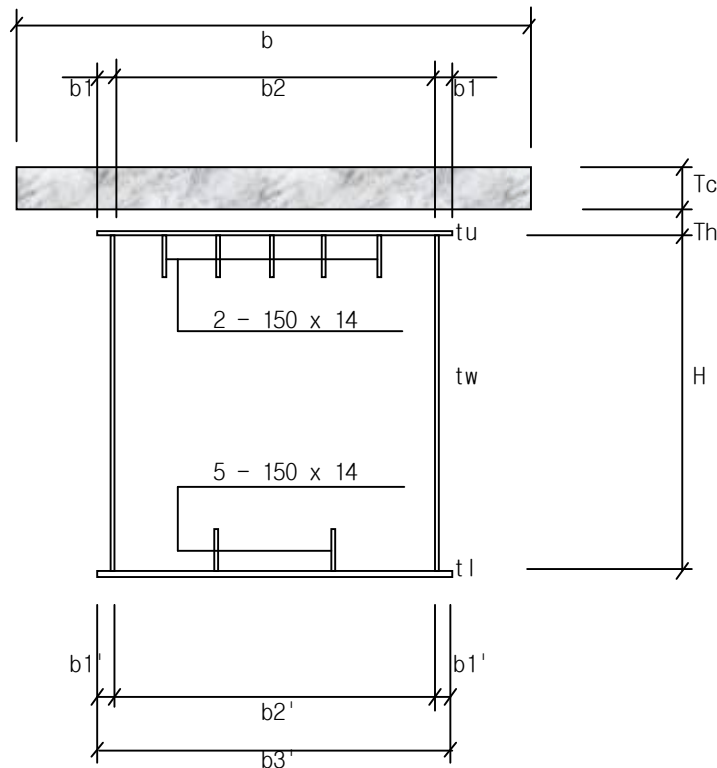
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 142800 + 1575000 / 8 = 339675 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 49.576 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1524.58 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1524.576 \times 142800 / 339675 = 640.93 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1524.576 - 640.934 = 883.64 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 167598429483 + 8203125000 / 8 + 142800 \times 883.641^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 640.934^2 = 361000817239 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 134524495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 785688557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2611^2) / (2 \times 2611/12 + 2512/41.25 + 2512/12) \\
&= 243937975649 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 6 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		190500		-14850900	216820614900	35183758300

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

$$= 216820614900 + 35183758300 = 252004373200 \text{ mm}^4$$

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

$$= -14850900 / 190500 = -77.96 \text{ mm}$$

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

$$= 252004373200 - 190500 \times (-77.957)^2 = 250846634456 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 167329495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2621^2) / (2 \times 2621/12 + 2512/20 + 2512/22) \\
&= 256266350768 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

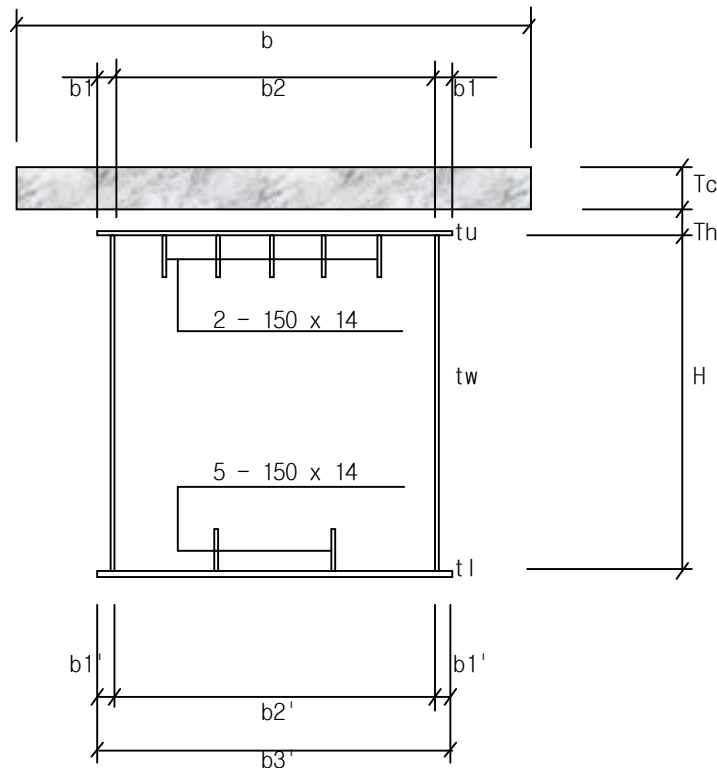
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 190500 + 1575000 / 8 = 387375 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 77.957 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1552.96 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1552.957 \times 190500 / 387375 = 763.70 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1552.957 - 763.700 = 789.26 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 250846634456 + 8203125000 / 8 + 190500 \times 789.257^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 763.700^2 = 485364609329 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 167329495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 818493557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2621^2) / (2 \times 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22) \\
&= 288975147395 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 7 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	1316.00	113702400	149632358400	7372800
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 34.0	91800	-1317.00	-120900600	159226090200	8843400
TOTAL		255300		-14915700	330917636100	35195778700

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

$$= 330917636100 + 35195778700 = 366113414800 \text{ mm}^4$$

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

$$= -14915700 / 255300 = -58.42 \text{ mm}$$

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

$$= 366113414800 - 255300 \times (-58.42)^2 = 365241976858 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 32 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 206695495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 32.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2633.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2633^2) / (2 \times 2633/12 + 2512/32 + 2512/34) \\
&= 295975001427 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

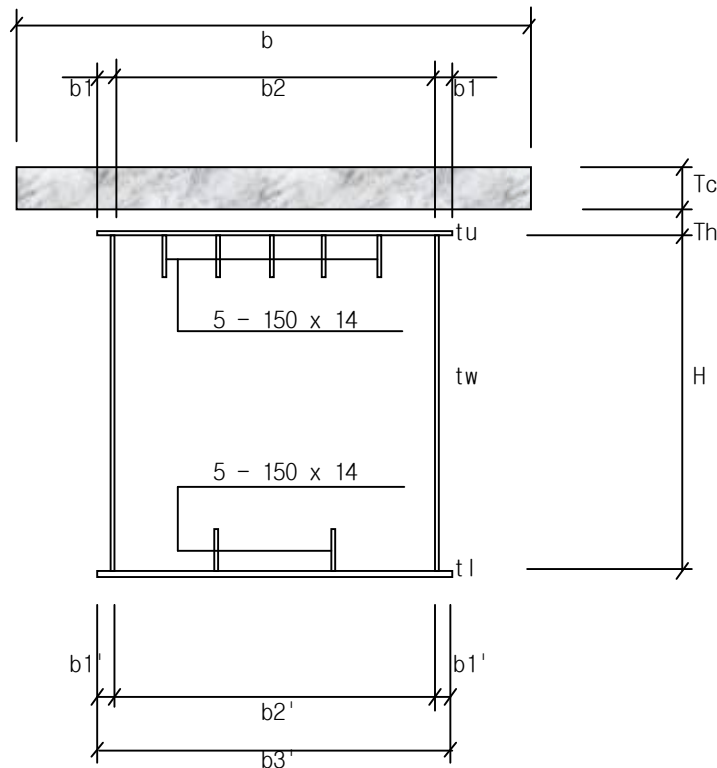
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 255300 + 1575000 / 8 = 452175 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 58.424 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1533.42 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1533.424 \times 255300 / 452175 = 865.78 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1533.424 - 865.778 = 667.65 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 365241976858 + 8203125000 / 8 + 255300 \times 667.646^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 865.778^2 = 627639612555 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 206695495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 857859557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2633^2) / (2 \times 2633/12 + 2512/63.25 + 2512/34) \\
&= 316754547633 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 8 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		196800		-7133400	226274552400	35195570800

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

$$= 226274552400 + 35195570800 = 261470123200 \text{ mm}^4$$

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

$$= -7133400 / 196800 = -36.25 \text{ mm}$$

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

$$= 261470123200 - 196800 \times (-36.247)^2 = 261211559198 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 167329495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2621^2) / (2 \times 2621/12 + 2512/20 + 2512/22) \\
&= 256266350768 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

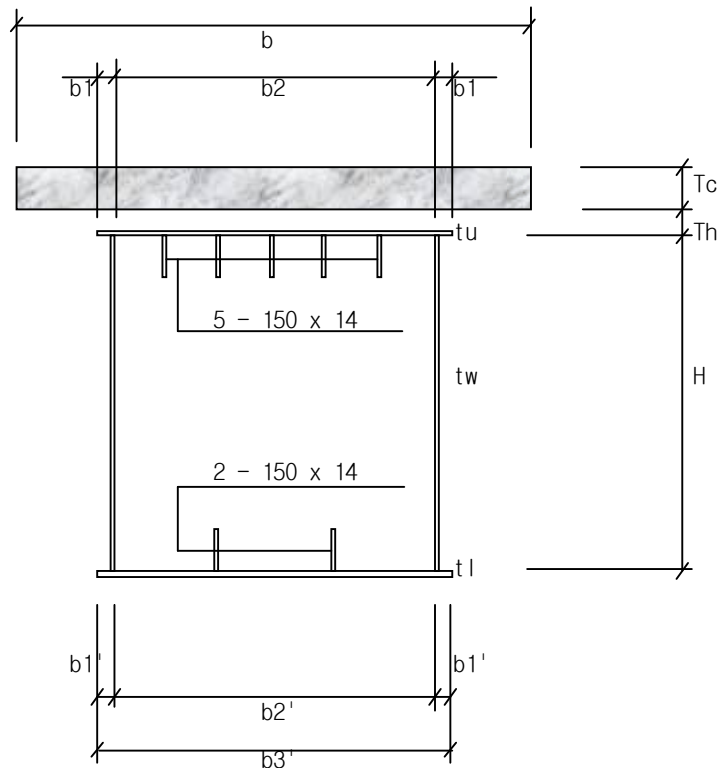
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 196800 + 1575000 / 8 = 393675 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 36.247 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1511.25 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1511.247 \times 196800 / 393675 = 755.48 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1511.247 - 755.480 = 755.77 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 261211559198 + 8203125000 / 8 + 196800 \times 755.767^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 755.480^2 = 487012311179 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 167329495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 818493557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2621^2) / (2 \times 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22) \\
&= 288975147395 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 9 >



b	=	6300.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		136500		638100	123303468900	35180176300

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

$$= 123303468900 + 35180176300 = 158483645200 \text{ mm}^4$$

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

$$= 638100 / 136500 = 4.67 \text{ mm}$$

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

$$= 158483645200 - 136500 \times 4.67^2 = 158480662258 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 134524495200 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2600.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2611.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2611^2) / (2 \times 2611/12 + 2512/10 + 2512/12) \\
&= 192110202989 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

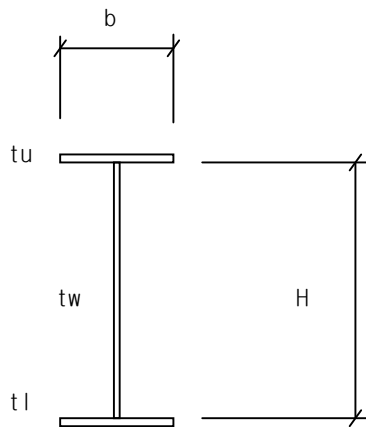
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 6300.000 \times 250.000 = 1575000 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 136500 + 1575000 / 8 = 333375 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 6300.000 \times 250.000^3 / 12 = 8203125000 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2600.000 / 2 - 4.675 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1470.33 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1470.325 \times 136500 / 333375 = 602.02 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1470.325 - 602.023 = 868.30 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 158480662258 + 8203125000 / 8 + 136500 \times 868.302^2 \\
&\quad + 1575000 / 8 \times 602.023^2 = 333773809049 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 134524495200 + 6300.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 785688557700 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2611^2) / (2 \times 2611/12 + 2512/41.25 + 2512/12) \\
&= 243937975649 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 가로보 - 1



$$\begin{aligned}
 b_u &= 300.00 \text{ mm} \\
 b_l &= 300.00 \text{ mm} \\
 H &= 2000.00 \text{ mm} \\
 t_u &= 12.00 \text{ mm} \\
 t_w &= 12.00 \text{ mm} \\
 t_l &= 12.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00 x 12.00	3600.0	1006.00	3621600	3643329600	43200
W E B	2000.00 x 12.00	24000.0				8000000000
LOWER FL.	300.00 x 12.00	3600.0	-1006.00	-3621600	3643329600	43200
TOTAL		31200.0		0	7286659200	8000086400

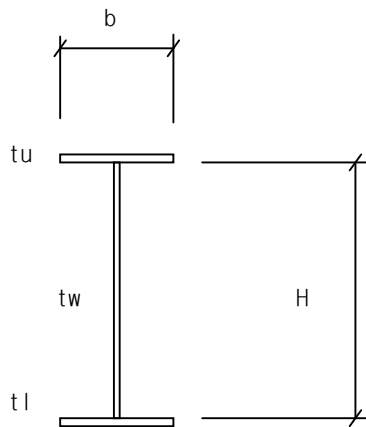
$$\begin{aligned}
 I_{33} &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 7286659200 + 8000086400 = 15286745600 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_u^3 \times t_u / 12) + (b_l^3 \times t_l / 12) + (H \times t_w^3 / 12) \\
 &= (300^3 \times 12 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (2000 \times 12^3 / 12) \\
 &= 54288000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 K &= \sum (b \times t^3) / 3 \\
 &= (300 \times 12^3 + 300 \times 12^3 + 2000 \times 12^3) / 3 = 1497600 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 가로보 - 2



$$\begin{aligned}
 b_u &= 300.00 \text{ mm} \\
 b_l &= 300.00 \text{ mm} \\
 H &= 1500.00 \text{ mm} \\
 t_u &= 12.00 \text{ mm} \\
 t_w &= 12.00 \text{ mm} \\
 t_l &= 12.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	lo(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00 x 12.00	3600.0	756.00	2721600	2057529600	43200
W E B	1500.00 x 12.00	18000.0				3375000000
LOWER FL.	300.00 x 12.00	3600.0	-756.00	-2721600	2057529600	43200
TOTAL		25200.0		0	4115059200	3375086400

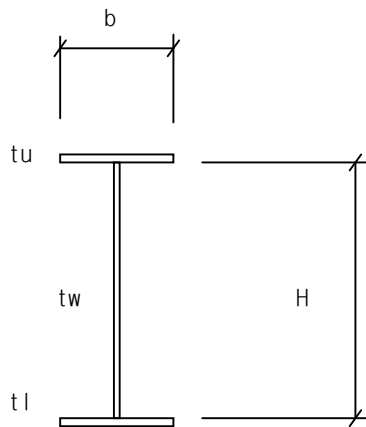
$$\begin{aligned}
 I_{33} &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 4115059200 + 3375086400 = 7490145600 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_u^3 \times t_u / 12) + (b_l^3 \times t_l / 12) + (H \times t_w^3 / 12) \\
 &= (300^3 \times 12 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (1500 \times 12^3 / 12) \\
 &= 54216000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 K &= \sum (b \times t^3) / 3 \\
 &= (300 \times 12^3 + 300 \times 12^3 + 1500 \times 12^3) / 3 = 1209600 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 세로보 - 1



bu	=	250.00	mm
bl	=	250.00	mm
H	=	600.00	mm
tu	=	10.00	mm
tw	=	10.00	mm
tl	=	10.00	mm

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	lo(mm ⁴)
UPPER FL.	250.00 x 10.00	2500.0	305.00	762500	232562500	20833
W E B	600.00 x 10.00	6000.0				180000000
LOWER FL.	250.00 x 10.00	2500.0	-305.00	-762500	232562500	20833
TOTAL		11000.0		0	465125000	180041667

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

$$= 465125000 + 180041667 = 645166667 \text{ mm}^4$$

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

$$= (250^3 \times 10 / 12) + (250^3 \times 10 / 12) + (600 \times 10^3 / 12)$$

$$= 26091667 \text{ mm}^4$$

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

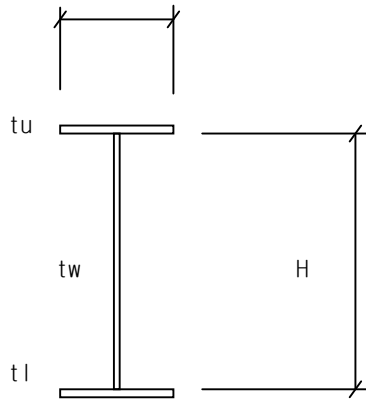
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성
- 비틀림 강성

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

$$= (250 \times 10^3 + 250 \times 10^3 + 600 \times 10^3) / 3 = 366667 \text{ mm}^4$$

◎ 세로보 - 1

b



$$b_u = 250.00 \text{ mm}$$

$$b_l = 250.00 \text{ mm}$$

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

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

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

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

구 분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	405.00	1012500	410062500	20833
W E B	800.00 X 10.00	8000.0				426666667
LOWER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	-405.00	-1012500	410062500	20833
TOTAL		13000.0		0	820125000	426708333

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

$$= 820125000 + 426708333 = 1246833333 \text{ mm}^4$$

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

$$= (250^3 \times 10 / 12) + (250^3 \times 10 / 12) + (800 \times 10^3 / 12)$$

$$= 26108333 \text{ mm}^4$$

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

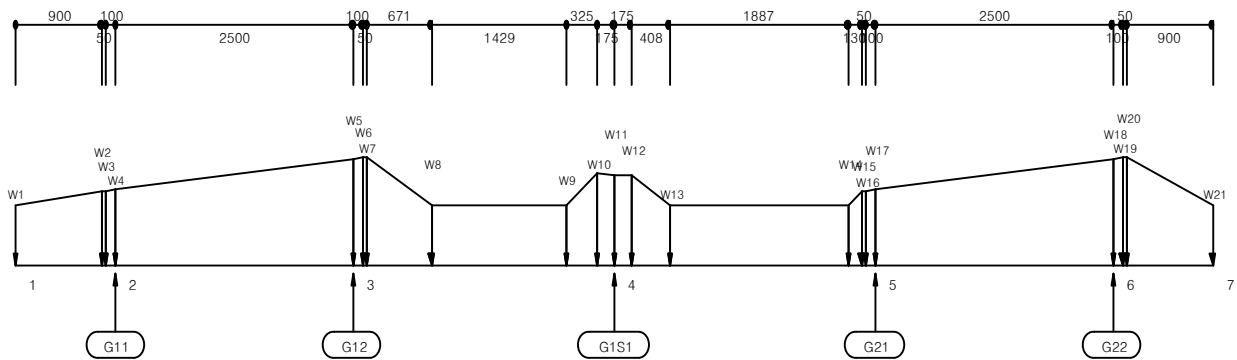
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (250 \times 10^3 + 250 \times 10^3 + 800 \times 10^3) / 3 = 433333 \text{ mm}^4$$

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 =	0.300	×	25.000	kN/m ³	=	7.500	kN/m ²
W3 =	0.302	×	25.000	kN/m ³	=	7.550	kN/m ²
W4 =	0.308	×	25.000	kN/m ³	=	7.700	kN/m ²
W5 =	0.432	×	25.000	kN/m ³	=	10.800	kN/m ²
W6 =	0.438	×	25.000	kN/m ³	=	10.950	kN/m ²
W7 =	0.440	×	25.000	kN/m ³	=	11.000	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 =	0.374	×	25.000	kN/m ³	=	9.350	kN/m ²
W11 =	0.370	×	25.000	kN/m ³	=	9.250	kN/m ²
W12 =	0.366	×	25.000	kN/m ³	=	9.150	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 =	0.300	×	25.000	kN/m ³	=	7.500	kN/m ²
W16 =	0.302	×	25.000	kN/m ³	=	7.550	kN/m ²
W17 =	0.308	×	25.000	kN/m ³	=	7.700	kN/m ²

$$W18 = 0.432 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 10.800 \text{ kN/m}^2$$

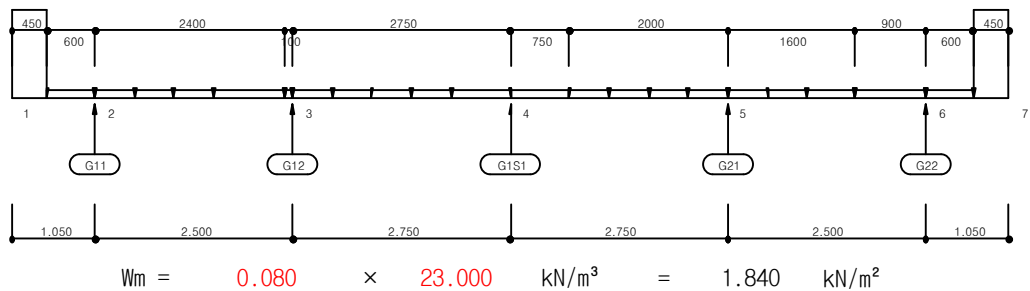
$$W19 = 0.438 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 10.950 \text{ kN/m}^2$$

$$W20 = 0.440 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 11.000 \text{ kN/m}^2$$

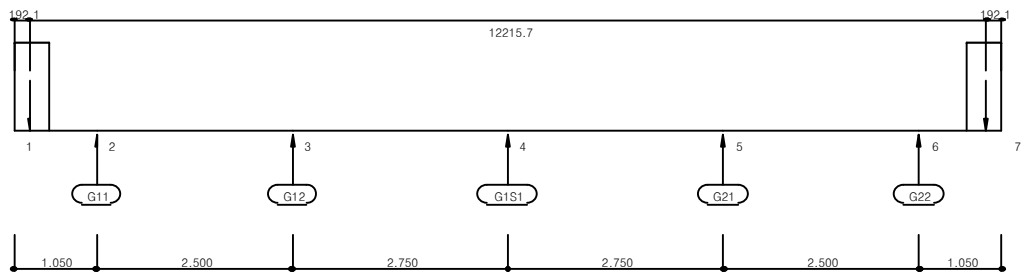
$$W21 = 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2$$

2) 합성후 고정하중

아스팔트



방호벽 자중



$$P1 = 8.365 \text{ kN/m}$$

$$P2 = 8.365 \text{ kN/m}$$

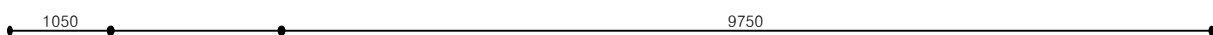
3) 활하중

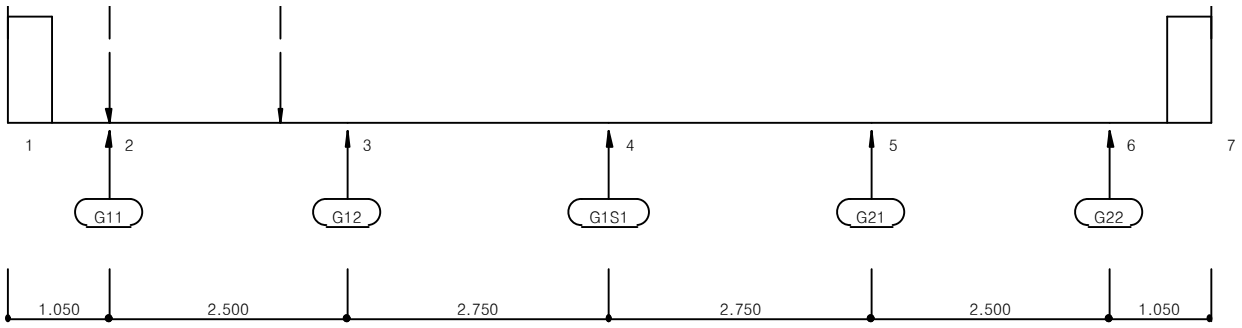
$$\text{연석간의 교폭 } W_c = 11.700 \text{ m}$$

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

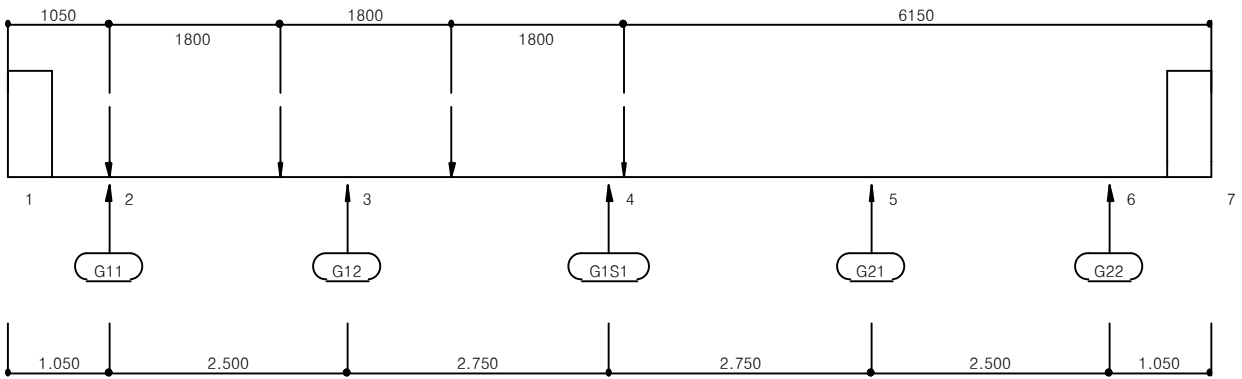
$$\text{설계 차로폭 } W = W_c / N = 11.700 / 3 = 3.900 \text{ m} > 3.6 \text{ m} \Rightarrow W = 3.600 \text{ m}$$

<G1 Max DB 1선>

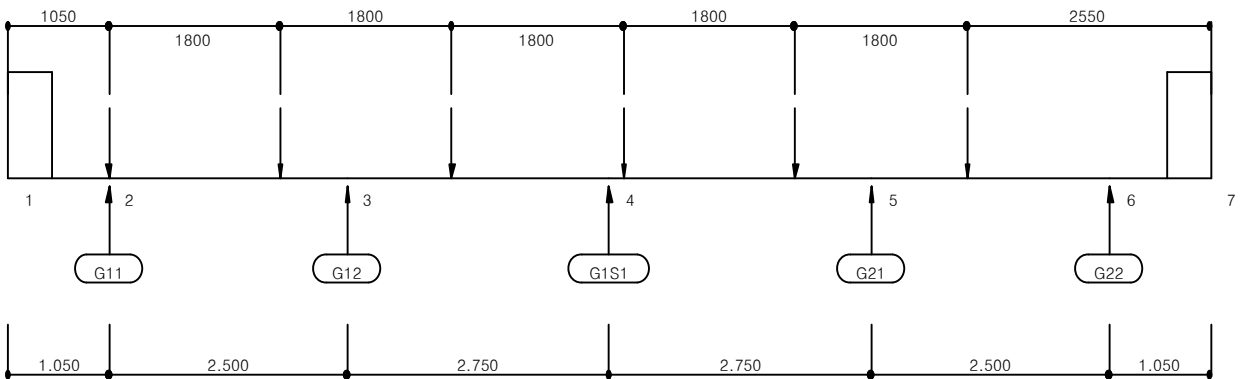




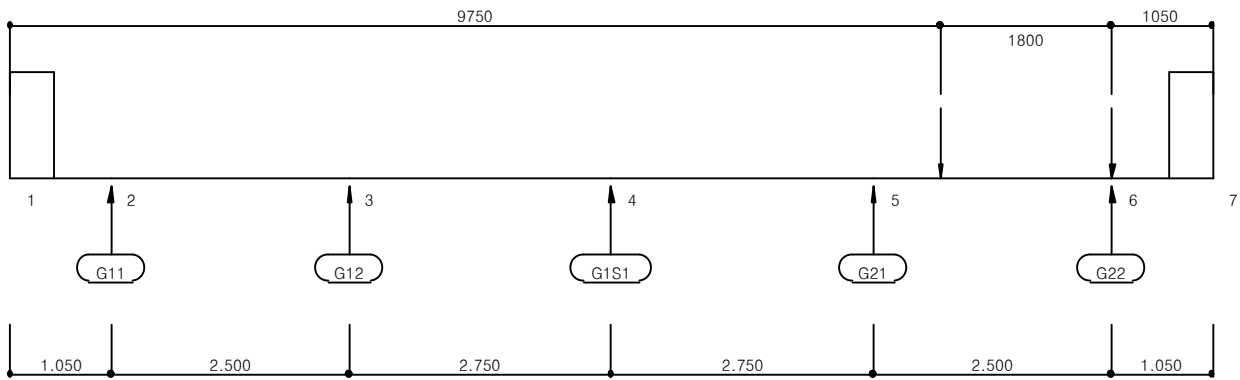
<G1 Max DB 2선>



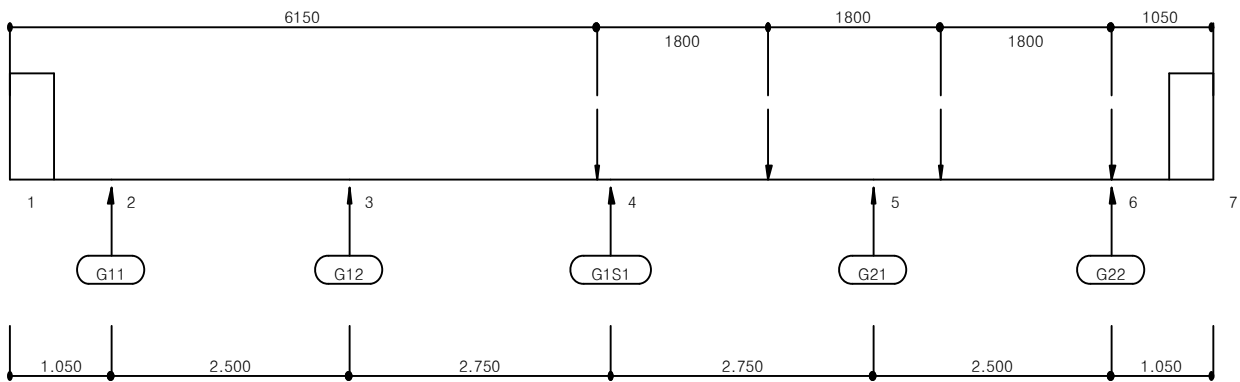
<G1 Max DB 3선>



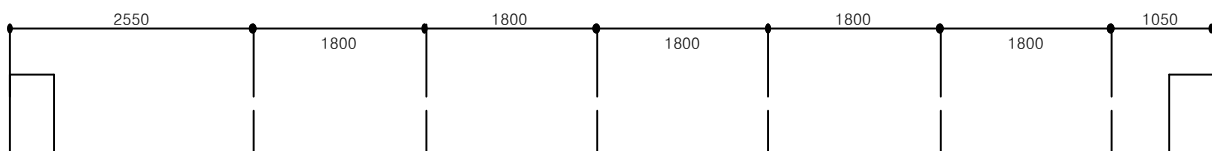
<G2 Max DB 1선>

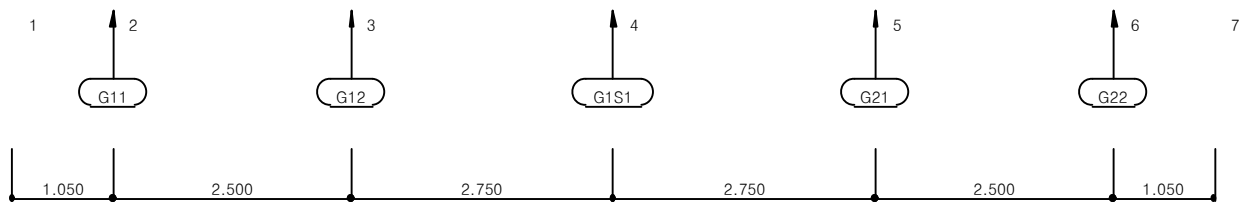


<G2 Max DB 2선>

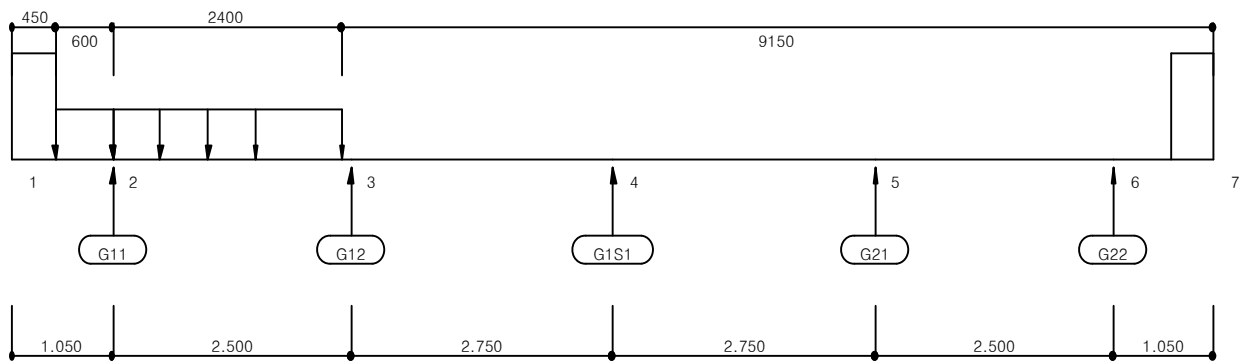


<G2 Max DB 3선>

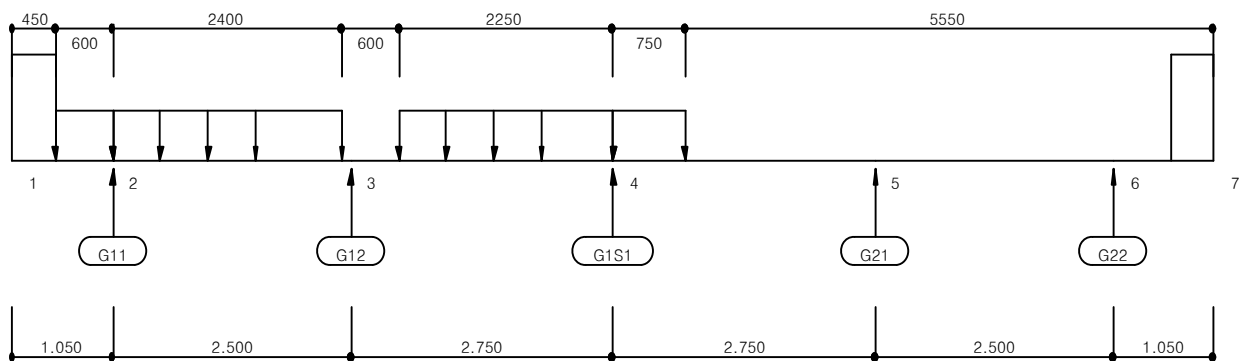




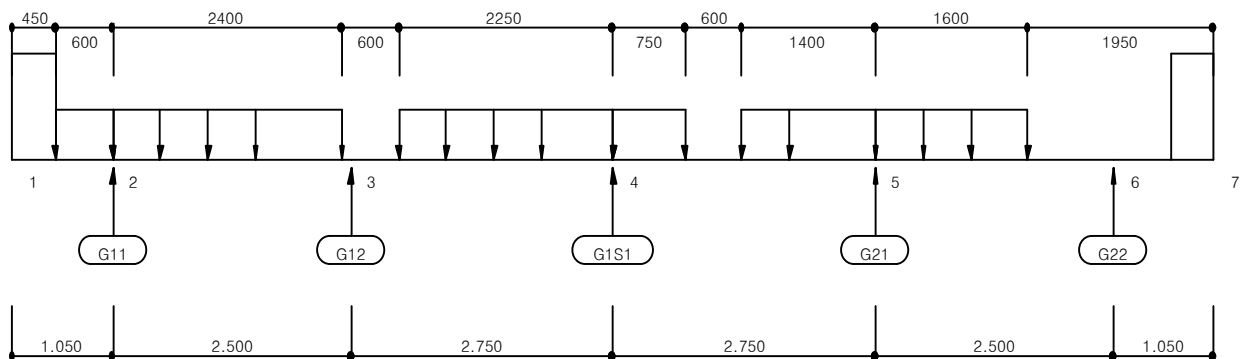
<G1 Max DL 1선>



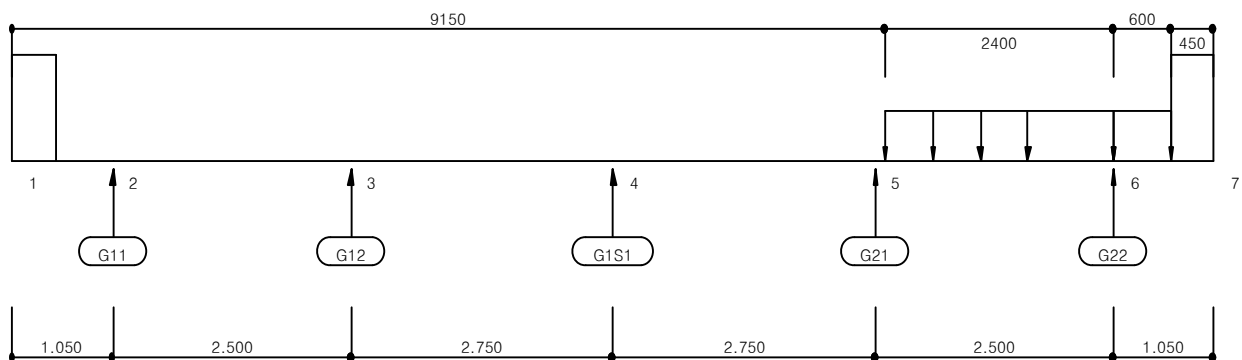
<G1 Max DL 2선>



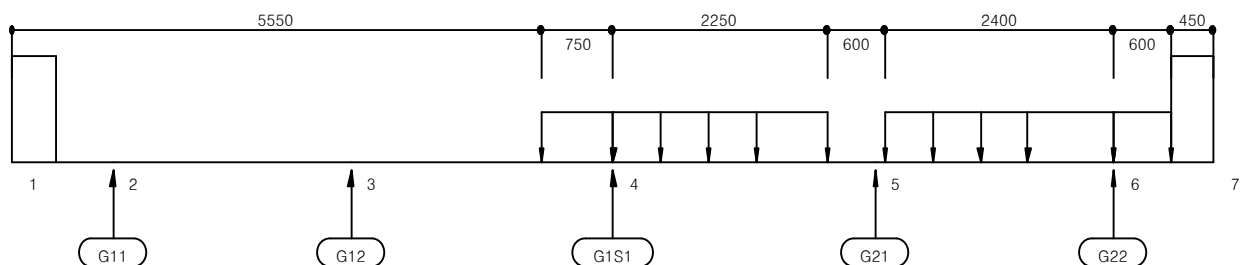
<G1 Max DL 3선>



<G2 Max DL 1선>

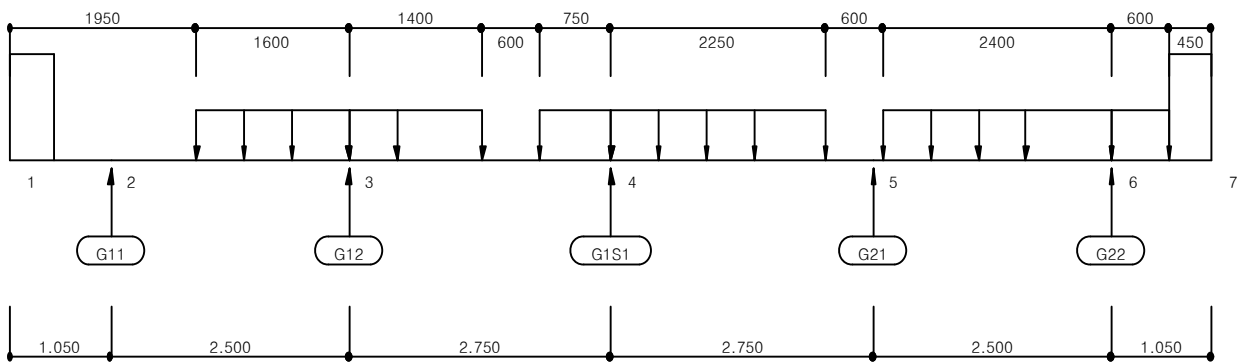


<G2 Max DL 2선>





<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)

$$\text{지간장 (L)} = 54.500 + 55.000 + 55.000 + 54.500 \text{ m}$$

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

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

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 54.5} = 0.159 < 0.3 \Rightarrow 0.159$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 55} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 55} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

◁ 제4 지간

$$i = \frac{15}{40 + 54.5} = 0.159 < 0.3 \Rightarrow 0.159$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (54.500 + 55.000) / 2} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (55.000 + 55.000) / 2} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

◁ 제3 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (55.000 + 54.500) / 2} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.159 를 적용함.

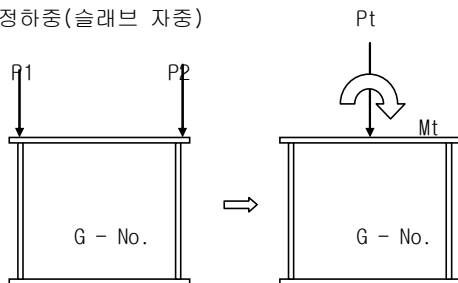
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 39.716 % 할증적용

$$\text{총강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 9422.861 \text{ kN} / 6744.289 \text{ kN} = 1.39716$$

- 단 면 - 1 : $0.126 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 13.852 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 2 : $0.131 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 14.379 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 3 : $0.147 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 16.155 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 4 : $0.180 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 19.709 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 5 : $0.143 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 15.662 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 6 : $0.191 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 20.894 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 7 : $0.255 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 28.001 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 8 : $0.197 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 21.584 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 9 : $0.137 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 14.971 \text{ kN/m}$
- 가로보 - 1 : $0.031 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 3.422 \text{ kN/m}$
- 가로보 - 2 : $0.025 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 2.764 \text{ kN/m}$
- 세로보 - 1 : $0.011 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 1.206 \text{ kN/m}$
- 세로보 - 2 : $0.013 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.39716 = 1.426 \text{ kN/m}$

2) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



합성전		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
거더폭		2.500	2.500		m
슬래브 자중	P1	17.728	20.096	18.801	kN/m
	P2	23.847	21.598		
	Pt	41.575	41.694	18.801	
	Mt	7.649	1.878		kN · m/m

3) 합성후 고정하중

합성후		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
Pavement 및 방호벽, 중분대	P1	15.078	0.487	7.139	kN/m
	P2	0.487	15.078		
	Pt	15.565	15.565	7.139	
	Mt	-18.239	18.239		kN · m/m

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

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

$$W = 0.50 \times 12.600 / 2 = 3.150 \text{ kN/m}$$

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	1.191	0.033	-0.130	kN/m
	P2	0.911	-0.006		
	Pt	2.102	0.027	-0.130	
	Mt	-0.350	-0.050		kN · m/m
	e	-0.167	-1.821		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.107	-0.025	1.335	kN/m
	P2	1.579	0.005		
	Pt	2.686	-0.021	1.335	
	Mt	0.590	0.038		kN · m/m
	e	0.219	-1.825		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	1.115	1.612	1.516	kN/m
	P2	1.538	0.219		
	Pt	2.653	1.831	1.516	
	Mt	0.530	-1.740		kN · m/m
	e	0.200	-0.951		편심(e)=Mt/PT

< DB-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DB-24	G - 1	G - 2	ST - 1	단 위

거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	-0.006	0.911	-0.130	kN/m
	P2	0.033	1.191		
	Pt	0.027	2.102	-0.130	
	Mt	0.050	0.350		kN · m/m
	e	1.821	0.167		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.005	1.579	1.335	kN/m
	P2	-0.025	1.107		
	Pt	-0.021	2.686	1.335	
	Mt	-0.038	-0.590		kN · m/m
	e	1.825	-0.219		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.219	1.538	1.516	kN/m
	P2	1.612	1.115		
	Pt	1.831	2.653	1.516	
	Mt	1.740	-0.530		kN · m/m
	e	0.951	-0.200		편심(e)=Mt/PT

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

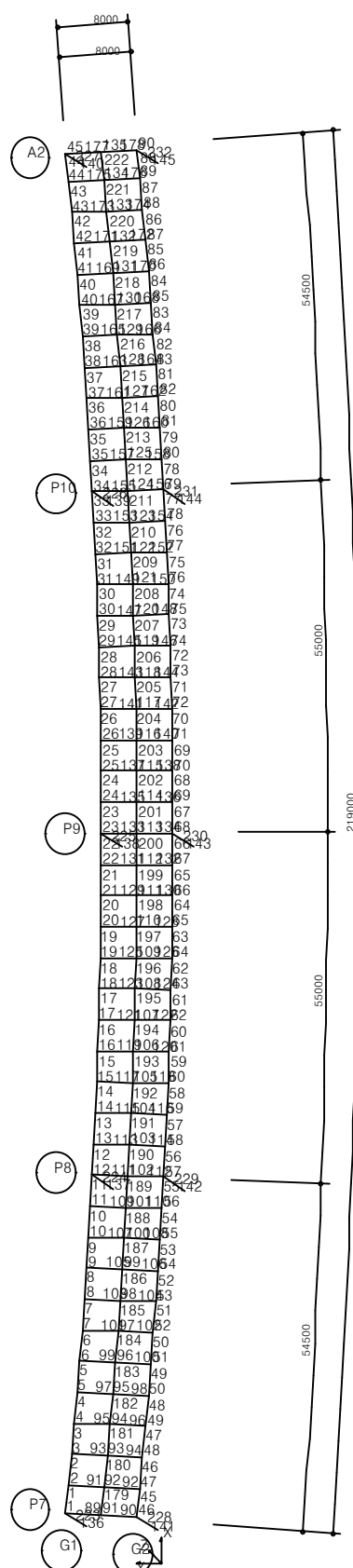
DL-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	1.779	0.053	-0.205	kN/m
	P2	1.383	-0.010		
	Pt	3.162	0.043	-0.205	
	Mt	-0.496	-0.079		kN · m/m
	e	-0.157	-1.821		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.653	-0.062	2.028	kN/m
	P2	2.368	0.012		
	Pt	4.022	-0.050	2.028	
	Mt	0.893	0.093		kN · m/m
	e	0.222	-1.864		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	1.662	2.456	2.254	kN/m
	P2	2.322	0.306		
	Pt	3.984	2.762	2.254	

	Mt	0.825	-2.688		kN · m/m
	e	0.207	-0.973		편심(e)=Mt/PT

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	-0.010	1.383	-0.205	kN/m
	P2	0.053	1.779		
	Pt	0.043	3.162	-0.205	
	Mt	0.079	0.496		kN · m/m
	e	1.821	0.157		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.012	2.368	2.028	kN/m
	P2	-0.062	1.653		
	Pt	-0.050	4.022	2.028	
	Mt	-0.093	-0.893		kN · m/m
	e	1.864	-0.222		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.306	2.322	2.254	kN/m
	P2	2.456	1.662		
	Pt	2.762	3.984	2.254	
	Mt	2.688	-0.825		kN · m/m
	e	0.973	-0.207		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	126300.0	124292325089	123671764800	162155950297	
	합성후	323175.0	259152531960	774835827300	205389826543	
	절점번호	1, 45, 46, 90				
단면 - 2	합성전	131100.0	148748241791	131243995200	183423648143	
	합성후	327975.0	307593050861	782408057700	230145931176	
	절점번호	2, 44, 47, 89				
단면 - 3	합성전	147300.0	177071503345	141085495200	209080173861	
	합성후	344175.0	360354893481	792249557700	256068931132	
	절점번호	3, 8, 17, 18, 19, 27, 28, 29, 38, 43, 48, 53, 62, 63, 64, 72, 73, 74, 83, 88				
단면 - 4	합성전	179700.0	232206520935	160768495200	244642677074	
	합성후	376575.0	459221928974	811932557700	286710884196	
	절점번호	4, 5, 6, 7, 39, 40, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 84, 85, 86, 87				
단면 - 5	합성전	142800.0	167598429483	134524495200	192110202989	
	합성후	339675.0	361000817239	785688557700	243937975649	
	절점번호	9, 10, 15, 20, 21, 25, 26, 31, 36, 37, 54, 55, 60, 65, 66, 70, 71, 76, 81, 82				
단면 - 6	합성전	190500.0	250846634456	167329495200	256266350768	
	합성후	387375.0	485364609329	818493557700	288975147395	
	절점번호	11, 22, 23, 24, 35, 56, 67, 68, 69, 80				
단면 - 7	합성전	255300.0	365241976858	206695495200	295975001427	
	합성후	452175.0	627639612555	857859557700	316754547633	
	절점번호	12, 13, 33, 34, 57, 58, 78, 79				
단면 - 8	합성전	196800.0	261211559198	167329495200	256266350768	
	합성후	393675.0	487012311179	818493557700	288975147395	
	절점번호	14, 32, 59, 77				
단면 - 9	합성전	136500.0	158480662258	134524495200	192110202989	
	합성후	333375.0	333773809049	785688557700	243937975649	
	절점번호	16, 30, 61, 75				

다. 하중 재하

1) CASE 1 : 합성전 고정하중

- ㉠ STEEL 자중
- ㉡ 바닥판 자중

2) CASE 2 : 합성후 고정하중

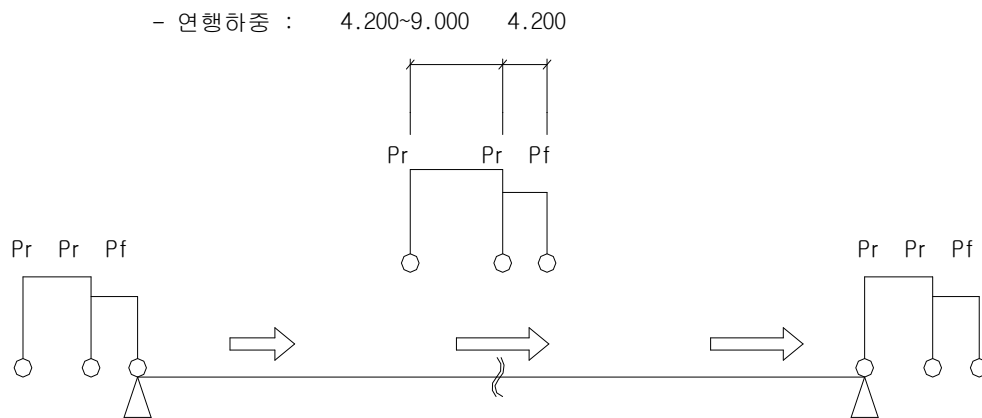
- 합성후 단면에 대하여 GIRDER별 하중 재하 (부속설비 하중포함)

3) CASE 3 : 활하중

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

㉠ DB-24 하중

- 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용



㉡ DL-24 하중

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

4) CASE 4 : 지점침하

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

- 1 : P7 지점 침하
- 2 : P8 지점 침하
- 3 : P9 지점 침하
- 4 : P10 지점 침하
- 5 : A2 지점 침하
- 6 : P7, P9, A2 지점 침하
- 7 : P8, P10 지점 침하

4.4 라. 부재력 집계

< BENDING 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	-0.062	0.136	-0.149	1.295	-1.194	0.033	-0.033	1.253	-1.303	P7
	2	1692.483	4206.211	1866.609	2911.088	-374.142	110.753	-110.753	10787.144	7280.409	
2	2	1692.517	4206.783	1866.543	2910.806	-374.065	110.730	-110.730	10787.379	7281.048	
	3	3160.728	7685.004	3409.260	5262.913	-789.688	234.249	-234.249	19752.154	13231.056	
3	3	3160.759	7685.420	3409.241	5262.545	-789.605	234.225	-234.225	19752.190	13231.590	
	4	4152.542	9921.882	4401.910	6856.330	-1206.826	358.103	-358.103	25690.767	16911.405	
4	4	4152.589	9922.288	4401.903	6855.941	-1206.717	358.079	-358.079	25690.800	16911.984	
	5	4588.591	10873.021	4834.942	7756.369	-1629.384	481.901	-481.901	28534.824	18185.269	
5	5	4588.603	10873.199	4834.908	7756.140	-1629.434	481.875	-481.875	28534.725	18185.401	
	6	4456.247	10541.294	4709.260	7994.776	-2051.851	605.736	-605.736	28307.313	17049.214	
6	6	4456.242	10541.327	4709.205	7994.709	-2051.863	605.706	-605.706	28307.189	17049.205	
	7	3755.656	8926.905	4024.811	7584.374	-2470.274	729.874	-729.874	25021.620	13507.224	
7	7	3755.632	8926.787	4024.749	7584.461	-2470.222	729.841	-729.841	25021.470	13507.105	
	8	2500.934	6031.383	2781.422	6538.108	-2936.317	854.487	-854.487	18706.334	7522.935	
8	8	2500.911	6031.188	2781.358	6538.329	-2936.113	854.454	-854.454	18706.240	7522.890	
	9	759.619	1875.766	982.111	4883.921	-3440.959	980.946	-980.946	9482.364	-804.409	
9	9	759.593	1875.491	982.045	4884.211	-3440.730	980.914	-980.914	9482.254	-804.514	
	10	-1447.327	-3534.236	-1374.581	2844.494	-4219.867	1110.253	-1110.253	-2401.397	-11686.264	
10	10	-1447.364	-3534.575	-1374.626	2844.301	-4218.971	1110.225	-1110.225	-2402.039	-11685.761	
	11	-4148.958	-10206.544	-4293.831	1636.271	-6693.998	1244.554	-1244.554	-15768.508	-26587.885	
11	11	-4149.005	-10206.880	-4293.851	1636.342	-6693.343	1244.536	-1244.536	-15768.858	-26587.615	
	12	-7461.974	-18117.937	-7776.223	1266.473	-10749.459	1384.936	-1384.936	-30704.725	-45490.529	P8
12	12	-7461.981	-18117.943	-7776.256	1266.511	-10749.833	1384.944	-1384.944	-30704.725	-45490.957	P8
	13	-4416.784	-11192.168	-4723.216	1464.146	-6982.166	1107.221	-1107.221	-17760.801	-28421.555	
13	13	-4416.767	-11191.890	-4723.276	1464.223	-6982.893	1107.233	-1107.233	-17760.477	-28422.059	
	14	-2119.098	-5487.397	-2230.385	2985.033	-4683.231	835.614	-835.614	-6016.233	-15355.725	
14	14	-2119.080	-5487.130	-2230.391	2985.086	-4683.995	835.633	-835.633	-6015.882	-15356.229	
	15	-440.905	-1036.928	-298.482	4305.306	-3882.186	615.895	-568.663	3144.887	-6227.163	
15	15	-440.894	-1036.702	-298.476	4305.284	-3882.295	615.922	-568.688	3145.134	-6227.055	
	16	746.772	2143.694	1074.021	5491.983	-3628.315	441.520	-304.861	9897.990	31.311	
16	16	746.777	2143.842	1074.024	5491.794	-3628.389	441.550	-304.890	9897.987	31.363	
	17	1479.880	4058.086	1889.619	6261.634	-3489.831	268.667	-226.118	13957.886	3711.636	
17	17	1479.882	4058.144	1889.622	6261.570	-3489.855	268.698	-226.118	13957.916	3711.675	
	18	1740.040	4697.089	2147.619	6392.932	-3370.809	309.537	-315.662	15287.217	4898.277	
18	18	1740.042	4697.061	2147.618	6393.024	-3370.726	309.506	-315.661	15287.251	4898.334	
	19	1522.386	4060.123	1847.980	5886.132	-3246.502	497.160	-481.461	13813.781	3702.526	
19	19	1522.384	4060.006	1847.966	5886.343	-3246.460	497.129	-481.429	13813.828	3702.467	
	20	828.969	2151.429	990.566	4742.782	-3244.622	744.868	-744.868	9458.614	-18.525	
20	20	828.968	2151.254	990.575	4743.051	-3244.556	744.839	-744.839	9458.687	-18.598	
	21	-331.009	-1016.638	-424.754	3330.293	-3711.760	1010.886	-1010.886	2568.778	-6495.047	
21	21	-331.022	-1016.911	-424.728	3330.139	-3711.031	1010.861	-1010.861	2568.340	-6494.552	
	22	-1981.426	-5441.773	-2400.872	2638.875	-5801.736	1281.852	-1281.852	-5903.344	-16907.659	
22	22	-1981.441	-5442.008	-2400.833	2638.883	-5801.145	1281.836	-1281.836	-5903.563	-16907.263	
	23	-4207.045	-11093.686	-4937.420	2778.964	-9389.945	1558.615	-1558.615	-15900.572	-31186.711	P9
23	23	-4206.848	-11093.128	-4937.221	2779.042	-9389.991	1558.481	-1558.481	-15899.674	-31185.669	P9
	24	-1981.636	-5442.435	-2400.995	2639.059	-5801.848	1281.759	-1281.759	-5904.248	-16908.673	

24	24	-1981.615	-5442.175	-2401.020	2639.067	-5802.478	1281.774	-1281.774	-5903.969	-16909.062	
	25	-331.129	-1017.142	-424.744	3330.777	-3733.536	1010.803	-1010.803	2568.564	-6517.355	
25	25	-331.118	-1016.889	-424.758	3330.906	-3734.261	1010.827	-1010.827	2568.969	-6517.852	
	26	828.917	2151.155	990.653	4744.278	-3245.677	744.811	-744.811	9459.813	-19.763	
26	26	828.920	2151.343	990.657	4744.005	-3245.752	744.840	-744.840	9459.764	-19.672	
	27	1522.448	4060.217	1848.271	5887.646	-3247.336	497.096	-481.361	13815.678	3702.239	
27	27	1522.446	4060.324	1848.251	5887.444	-3247.371	497.127	-481.392	13815.592	3702.258	
	28	1740.024	4697.070	2147.890	6393.922	-3371.192	309.468	-315.666	15288.374	4898.126	
28	28	1740.022	4697.095	2147.889	6393.837	-3371.275	309.499	-315.666	15288.342	4898.065	
	29	1479.816	4058.024	1889.915	6262.063	-3490.058	268.790	-226.124	13958.608	3711.573	
29	29	1479.811	4057.956	1889.901	6262.136	-3490.027	268.759	-226.123	13958.563	3711.518	
	30	746.872	2144.119	1074.526	5492.196	-3679.479	441.618	-304.934	9899.331	-18.896	
30	30	746.870	2143.983	1074.535	5492.382	-3679.415	441.589	-304.905	9899.358	-18.932	
	31	-440.759	-1036.345	-297.846	4305.190	-3882.154	615.994	-568.735	3146.234	-6225.839	
31	31	-440.766	-1036.569	-297.830	4305.247	-3882.038	615.967	-568.710	3146.048	-6225.914	
	32	-2118.885	-5486.695	-2229.657	2984.901	-4682.906	835.701	-835.701	-6014.635	-15353.844	
32	32	-2118.900	-5486.973	-2229.636	2984.869	-4682.092	835.682	-835.682	-6014.958	-15353.283	
	33	-4416.448	-11191.263	-4722.416	1464.386	-6981.766	1107.341	-1107.341	-17758.400	-28419.234	
33	33	-4416.457	-11191.519	-4722.348	1464.316	-6981.039	1107.329	-1107.329	-17758.679	-28418.692	
	34	-7462.014	-18118.012	-7775.644	1266.862	-10749.136	1385.146	-1385.146	-30703.662	-45489.952	P10
34	34	-7462.000	-18117.925	-7775.663	1266.819	-10748.823	1385.137	-1385.137	-30703.632	-45489.548	P10
	35	-4148.941	-10206.682	-4293.322	1636.733	-6693.154	1244.666	-1244.666	-15767.546	-26586.765	
35	35	-4148.890	-10206.329	-4293.302	1636.661	-6693.802	1244.685	-1244.685	-15767.175	-26587.008	
	36	-1447.642	-3535.260	-1374.598	2844.772	-4219.486	1110.336	-1110.336	-2402.392	-11687.322	
36	36	-1447.596	-3534.879	-1374.557	2844.969	-4220.433	1110.366	-1110.366	-2401.697	-11687.831	
	37	759.865	1876.136	982.582	4885.430	-3441.325	980.997	-980.997	9485.010	-803.739	
37	37	759.884	1876.394	982.611	4885.142	-3441.540	981.029	-981.029	9485.061	-803.680	
	38	2500.818	6030.945	2781.465	6538.992	-2936.804	854.538	-854.538	18706.758	7521.886	
38	38	2500.846	6031.161	2781.523	6538.767	-2937.020	854.573	-854.573	18706.870	7521.937	
	39	3755.590	8926.676	4024.888	7585.213	-2470.772	729.908	-729.908	25022.275	13506.474	
39	39	3755.608	8926.775	4024.955	7585.134	-2470.820	729.941	-729.941	25022.413	13506.577	
	40	4456.215	10541.253	4709.378	7995.151	-2052.310	605.763	-605.763	28307.760	17048.773	
40	40	4456.217	10541.214	4709.424	7995.226	-2052.295	605.794	-605.794	28307.875	17048.766	
	41	4588.597	10873.189	4835.127	7756.647	-1630.018	481.905	-481.905	28535.465	18184.990	
41	41	4588.585	10873.020	4835.150	7756.871	-1629.971	481.933	-481.933	28535.559	18184.851	
	42	4152.565	9922.223	4402.088	6856.590	-1206.909	358.122	-358.122	25691.588	16911.845	
42	42	4152.518	9921.819	4402.094	6856.985	-1207.019	358.147	-358.147	25691.563	16911.265	
	43	3160.703	7685.262	3409.395	5262.916	-790.294	234.256	-234.256	19752.532	13230.811	
43	43	3160.663	7684.806	3409.405	5263.307	-790.371	234.280	-234.280	19752.461	13230.223	
	44	1692.458	4206.545	1866.582	2911.070	-374.182	110.745	-110.745	10787.400	7280.658	
44	44	1692.438	4206.036	1866.660	2911.354	-374.259	110.770	-110.770	10787.258	7280.104	
	45	-0.071	0.126	-0.157	1.234	-1.163	0.039	-0.039	1.171	-1.304	A2

< Girder 2 >

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	
45	46	-0.097	-0.230	0.093	0.989	-1.207	0.024	-0.024	0.779	-1.464	P7
	47	1721.209	4349.993	1906.331	2976.823	-390.169	113.176	-113.176	11067.532	7474.188	
46	47	1721.157	4349.901	1906.492	2977.267	-390.276	113.152	-113.152	11067.969	7474.122	
	48	3198.717	7876.107	3466.803	5367.007	-812.889	238.348	-238.348	20146.982	13490.390	
47	48	3198.709	7876.164	3466.942	5367.592	-813.038	238.326	-238.326	20147.733	13490.452	
	49	4191.106	10115.454	4464.270	6977.961	-1233.153	363.565	-363.565	26112.356	17174.112	

48	49	4191.104	10115.506	4464.375	6978.484	-1233.318	363.541	-363.541	26113.010	17174.126	
	50	4624.553	11055.301	4895.291	7882.125	-1651.378	488.655	-488.655	28945.925	18435.112	
49	50	4624.545	11055.296	4895.358	7882.443	-1651.550	488.628	-488.628	28946.270	18435.021	
	51	4488.930	10712.513	4763.194	8116.024	-2071.758	613.678	-613.678	28694.339	17279.201	
50	51	4488.911	10712.424	4763.200	8116.087	-2071.934	613.649	-613.649	28694.271	17278.952	
	52	3783.556	9084.981	4067.531	7692.773	-2495.729	738.412	-738.412	25367.253	13701.927	
51	52	3783.535	9084.837	4067.503	7692.615	-2495.896	738.380	-738.380	25366.870	13701.599	
	53	2520.685	6162.906	2806.999	6625.569	-2926.939	862.007	-862.007	18978.166	7701.644	
52	53	2520.659	6162.693	2806.937	6625.202	-2927.107	861.974	-861.974	18977.465	7701.208	
	54	766.118	1949.554	983.272	4942.652	-3377.453	984.270	-984.270	9625.865	-662.779	
53	54	766.092	1949.318	983.176	4942.178	-3377.592	984.237	-984.237	9625.001	-663.243	
	55	-1457.887	-3567.373	-1403.774	2878.820	-4129.796	1103.715	-1103.715	-2446.499	-11662.545	
54	55	-1457.905	-3567.569	-1403.876	2878.885	-4130.629	1103.689	-1103.689	-2446.776	-11663.668	
	56	-4175.519	-10414.838	-4354.786	1654.806	-6710.005	1219.240	-1219.240	-16071.097	-26874.388	
55	56	-4175.538	-10414.980	-4354.901	1654.683	-6710.466	1219.219	-1219.219	-16071.517	-26875.104	
	57	-7503.494	-18608.560	-7867.902	1274.793	-10830.051	1328.469	-1328.469	-31376.694	-46138.476	P8
56	57	-7503.518	-18608.643	-7867.955	1274.736	-10830.128	1328.463	-1328.463	-31376.917	-46138.707	P8
	58	-4442.217	-11407.129	-4789.604	1486.950	-6941.069	1080.531	-1080.531	-18071.469	-28660.550	
57	58	-4442.245	-11407.146	-4789.557	1486.916	-6940.630	1080.543	-1080.543	-18071.489	-28660.121	
	59	-2131.395	-5539.779	-2270.960	3020.445	-4567.572	825.963	-825.963	-6095.726	-15335.669	
58	59	-2131.406	-5539.684	-2270.898	3020.514	-4566.834	825.984	-825.984	-6095.490	-15334.806	
	60	-443.137	-1000.958	-316.468	4347.078	-3812.057	614.501	-566.850	3201.015	-6139.471	
59	60	-443.142	-1000.849	-316.412	4347.193	-3812.039	614.528	-566.876	3201.318	-6139.319	
	61	752.528	2228.168	1073.556	5552.999	-3654.134	443.265	-305.260	10050.516	94.859	
60	61	752.530	2228.266	1073.584	5553.265	-3654.094	443.295	-305.289	10050.940	94.997	
	62	1490.211	4164.357	1899.565	6333.586	-3519.189	270.743	-228.416	14158.462	3806.528	
61	62	1490.215	4164.406	1899.589	6333.690	-3519.150	270.775	-228.416	14158.675	3806.644	
	63	1752.010	4809.820	2161.233	6468.086	-3395.714	312.421	-318.714	15503.570	5008.635	
62	63	1752.016	4809.813	2161.228	6467.979	-3395.685	312.391	-318.714	15503.427	5008.658	
	64	1533.368	4166.652	1858.917	5956.259	-3282.475	500.371	-484.286	14015.567	3792.176	
63	64	1533.377	4166.599	1858.898	5956.001	-3282.460	500.341	-484.255	14015.216	3792.159	
	65	836.166	2229.983	992.737	4800.038	-3185.330	746.169	-746.169	9605.093	127.386	
64	65	836.174	2229.877	992.705	4799.631	-3185.306	746.140	-746.140	9604.527	127.310	
	66	-330.519	-1007.402	-436.723	3377.731	-3623.561	1005.433	-1005.433	2608.520	-6403.638	
65	66	-330.506	-1007.477	-436.752	3377.836	-3624.121	1005.410	-1005.410	2608.511	-6404.266	
	67	-1989.660	-5568.828	-2430.137	2676.724	-5773.060	1260.917	-1260.917	-6050.984	-17022.602	
66	67	-1989.646	-5568.857	-2430.208	2676.705	-5773.459	1260.901	-1260.901	-6051.105	-17023.071	
	68	-4226.335	-11465.183	-4984.339	2813.339	-9451.035	1509.692	-1509.692	-16352.826	-31636.584	P9
67	68	-4226.533	-11465.761	-4984.539	2813.296	-9451.120	1509.826	-1509.826	-16353.711	-31637.779	P9
	69	-1989.838	-5569.415	-2430.389	2677.049	-5773.963	1261.006	-1261.006	-6051.587	-17024.611	
68	69	-1989.856	-5569.395	-2430.319	2677.073	-5773.572	1261.024	-1261.024	-6051.473	-17024.166	
	70	-330.669	-1007.913	-436.866	3378.857	-3625.215	1005.472	-1005.472	2608.882	-6406.134	
69	70	-330.680	-1007.815	-436.809	3378.791	-3624.586	1005.497	-1005.497	2608.984	-6405.387	
	71	836.058	2229.611	992.744	4800.846	-3186.544	746.146	-746.146	9605.405	125.723	
70	71	836.047	2229.695	992.788	4801.210	-3186.568	746.174	-746.174	9605.915	125.788	
	72	1533.349	4166.569	1859.093	5957.100	-3283.303	500.331	-484.224	14016.442	3791.484	
71	72	1533.341	4166.627	1859.093	5957.366	-3283.323	500.361	-484.254	14016.788	3791.484	
	73	1752.077	4809.987	2161.548	6468.890	-3396.188	312.334	-318.711	15504.836	5008.713	
72	73	1752.072	4810.000	2161.542	6469.014	-3396.223	312.366	-318.712	15504.994	5008.679	
	74	1490.346	4164.712	1899.981	6334.115	-3519.224	270.853	-228.429	14160.007	3807.386	
73	74	1490.345	4164.670	1899.970	6334.032	-3519.270	270.823	-228.429	14159.840	3807.286	
	75	752.721	2228.704	1074.079	5553.382	-3653.886	443.389	-305.371	10052.275	96.248	
74	75	752.721	2228.607	1074.053	5553.129	-3653.933	443.359	-305.342	10051.869	96.106	

75	76	-442.870	-1000.202	-315.842	4347.117	-3811.814	614.641	-566.979	3202.845	-6137.707	
	76	-442.868	-1000.326	-315.892	4347.020	-3811.835	614.614	-566.953	3202.549	-6137.874	
76	77	-2131.088	-5538.886	-2270.220	3020.410	-4566.045	826.090	-826.090	-6093.694	-15332.329	
	77	-2131.078	-5538.981	-2270.266	3020.382	-4566.784	826.070	-826.070	-6093.873	-15333.179	
77	78	-4441.927	-11406.338	-4788.868	1487.139	-6940.379	1080.624	-1080.624	-18069.370	-28658.136	
	78	-4441.927	-11406.338	-4788.868	1487.139	-6940.379	1080.624	-1080.624	-18069.370	-28658.136	
78	79	-7503.463	-18608.498	-7867.427	1274.969	-10829.898	1328.542	-1328.542	-31375.877	-46137.828	P10
	79	-7503.442	-18608.429	-7867.411	1275.025	-10829.849	1328.547	-1328.547	-31375.710	-46137.678	P10
79	80	-4175.598	-10415.148	-4354.461	1655.134	-6710.498	1219.336	-1219.336	-16070.737	-26875.041	
	80	-4175.583	-10415.017	-4354.349	1655.262	-6710.041	1219.358	-1219.358	-16070.329	-26874.348	
80	81	-1458.121	-3568.108	-1403.597	2879.776	-4131.247	1103.821	-1103.821	-2446.229	-11664.894	
	81	-1458.097	-3567.891	-1403.499	2879.707	-4130.373	1103.850	-1103.850	-2445.930	-11663.710	
81	82	765.849	1948.720	983.422	4943.235	-3378.371	984.347	-984.347	9625.573	-664.727	
	82	765.869	1948.933	983.498	4943.681	-3378.240	984.379	-984.379	9626.361	-664.318	
82	83	2520.140	6161.426	2806.840	6625.909	-2927.950	862.099	-862.099	18976.414	7698.357	
	83	2520.170	6161.645	2806.905	6626.294	-2927.789	862.134	-862.134	18977.148	7698.797	
83	84	3783.359	9084.374	4067.637	7693.718	-2496.447	738.469	-738.469	25367.557	13700.454	
	84	3783.389	9084.545	4067.682	7693.899	-2496.272	738.502	-738.502	25368.017	13700.842	
84	85	4488.768	10712.065	4763.293	8116.726	-2072.456	613.718	-613.718	28694.570	17277.952	
	85	4488.791	10712.162	4763.285	8116.670	-2072.281	613.749	-613.749	28694.657	17278.208	
85	86	4624.393	11054.926	4895.339	7882.660	-1652.264	488.669	-488.669	28945.987	18433.725	
	86	4624.407	11054.947	4895.290	7882.371	-1652.105	488.697	-488.697	28945.712	18433.842	
86	87	4191.183	10115.697	4464.514	6979.215	-1233.646	363.593	-363.593	26114.202	17174.155	
	87	4191.188	10115.648	4464.414	6978.673	-1233.475	363.618	-363.618	26113.541	17174.157	
87	88	3198.685	7876.201	3466.930	5367.746	-813.640	238.337	-238.337	20147.899	13489.839	
	88	3198.702	7876.170	3466.793	5367.205	-813.503	238.361	-238.361	20147.231	13489.801	
88	89	1721.168	4350.045	1906.496	2977.380	-390.274	113.151	-113.151	11068.240	7474.284	
	89	1721.224	4350.148	1906.339	2976.943	-390.171	113.177	-113.177	11067.831	7474.363	
88	90	-0.091	-0.215	0.121	1.154	-1.381	0.024	-0.024	0.992	-1.591	A2
	90	-0.091	-0.215	0.121	1.154	-1.381	0.024	-0.024	0.992	-1.591	A2

< 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	-407.050	-1026.668	-456.251	87.974	-812.710	24.575	-24.575	-1777.420	-2727.255	P7
	2	-343.460	-839.376	-371.944	136.271	-694.621	24.575	-24.575	-1393.934	-2273.977	
2	2	-330.572	-798.418	-354.814	136.349	-667.635	24.658	-24.658	-1322.796	-2176.097	
	3	-254.145	-590.299	-261.132	206.360	-561.136	24.658	-24.658	-874.558	-1691.371	
3	3	-241.390	-550.522	-245.007	187.929	-545.100	24.730	-24.730	-824.261	-1606.749	
	4	-151.623	-342.405	-151.325	285.036	-453.153	24.730	-24.730	-335.587	-1123.235	
4	4	-136.364	-293.840	-133.282	241.837	-462.217	24.714	-24.714	-296.935	-1050.418	
	5	-37.684	-85.685	-39.584	348.267	-371.475	24.714	-24.714	210.028	-559.143	
5	5	-22.908	-37.797	-21.756	302.100	-394.394	24.727	-24.727	244.365	-501.582	
	6	75.753	170.316	71.924	402.008	-305.644	24.727	-24.727	744.728	-12.378	
6	6	90.529	218.234	89.787	382.631	-342.817	24.788	-24.788	805.969	30.945	
	7	189.191	426.350	183.468	466.810	-244.031	24.788	-24.788	1290.607	530.190	
7	7	204.107	473.945	201.362	475.836	-292.661	24.883	-24.883	1380.133	561.870	
	8	293.874	682.064	295.044	564.399	-196.448	24.883	-24.883	1860.264	1049.651	
8	8	307.573	725.446	312.325	580.688	-243.315	25.251	-25.251	1951.282	1076.779	
	9	387.214	933.575	406.011	673.529	-150.502	25.251	-25.251	2425.579	1551.047	

9	9	401.418	976.015	423.669	698.139	-190.033	25.823	-25.823	2525.065	1585.247	
	10	479.813	1184.109	517.340	795.718	-101.396	25.823	-25.823	3002.803	2054.043	
10	10	495.672	1227.668	535.833	834.721	-128.735	26.812	-26.812	3120.707	2103.625	
	11	587.184	1435.816	629.528	938.367	-75.487	26.812	-26.812	3617.708	2550.229	
11	11	603.130	1475.200	648.334	994.038	-120.003	28.028	-28.028	3748.731	2578.634	
	12	725.515	1683.320	742.017	1105.782	-89.533	28.028	-28.028	4284.662	3033.291	P8
12	12	-678.060	-1486.798	-656.384	147.056	-1075.673	55.448	-55.448	-2618.738	-3952.363	P8
	13	-537.904	-1278.703	-562.712	173.998	-961.387	55.448	-55.448	-2149.873	-3396.154	
13	13	-523.424	-1242.870	-544.507	136.720	-908.408	54.224	-54.224	-2119.856	-3273.433	
	14	-399.317	-1034.757	-450.827	189.312	-804.380	54.224	-54.224	-1641.365	-2743.506	
14	14	-384.076	-992.394	-432.482	173.158	-767.793	53.291	-53.291	-1582.503	-2630.036	
	15	-290.842	-784.258	-338.793	234.538	-671.531	53.291	-53.291	-1126.065	-2138.716	
15	15	-275.721	-738.966	-320.834	213.426	-647.937	52.668	-52.668	-1069.427	-2036.126	
	16	-199.048	-530.851	-227.154	282.084	-556.802	52.668	-52.668	-622.300	-1566.522	
16	16	-184.798	-486.171	-209.646	262.527	-544.944	52.366	-52.366	-565.723	-1477.925	
	17	-106.881	-278.029	-115.954	337.795	-458.305	52.366	-52.366	-110.704	-1011.535	
17	17	-92.370	-231.610	-98.344	329.108	-456.838	52.278	-52.278	-40.938	-931.441	
	18	-11.496	-23.483	-4.659	410.263	-375.328	52.278	-52.278	422.904	-467.243	
18	18	3.016	23.095	12.977	412.078	-387.476	52.341	-52.341	503.507	-400.728	
	19	83.887	231.212	106.658	498.549	-311.663	52.341	-52.341	972.646	57.753	
19	19	98.412	276.977	124.334	510.436	-331.418	52.593	-52.593	1062.751	115.711	
	20	178.045	485.083	218.010	602.163	-261.983	52.593	-52.593	1535.894	566.562	
20	20	192.389	528.414	235.731	624.386	-283.128	53.116	-53.116	1634.035	620.289	
	21	270.786	736.514	329.405	721.787	-221.255	53.116	-53.116	2111.607	1062.333	
21	21	285.870	779.188	347.617	756.260	-240.416	54.093	-54.093	2223.027	1118.166	
	22	377.377	987.324	441.307	861.124	-187.382	54.093	-54.093	2721.225	1564.533	
22	22	391.960	1024.087	459.494	912.124	-218.190	55.249	-55.249	2842.914	1602.103	
	23	496.563	1232.221	553.183	1026.639	-193.070	55.249	-55.249	3363.855	2033.648	P9
23	23	-496.565	-1232.235	-553.205	192.989	-1026.626	55.249	-55.249	-2033.768	-3363.880	P9
	24	-391.983	-1024.142	-459.534	218.106	-912.134	55.249	-55.249	-1602.305	-2843.042	
24	24	-377.393	-987.357	-441.333	187.352	-861.145	54.089	-54.089	-1564.642	-2721.316	
	25	-285.886	-779.221	-347.643	240.383	-756.275	54.089	-54.089	-1118.278	-2223.114	
25	25	-270.797	-736.544	-329.421	221.230	-721.810	53.110	-53.110	-1062.423	-2111.681	
	26	-192.400	-528.444	-235.747	283.124	-624.408	53.110	-53.110	-620.358	-1634.110	
26	26	-178.047	-485.086	-218.028	261.986	-602.136	52.590	-52.590	-566.585	-1535.887	
	27	-98.398	-276.938	-124.333	331.420	-510.408	52.590	-52.590	-115.659	-1062.668	
27	27	-83.871	-231.174	-106.658	311.681	-498.499	52.342	-52.342	-57.679	-972.545	
	28	-3.000	-23.057	-12.977	387.506	-412.047	52.342	-52.342	400.813	-503.424	
28	28	11.505	23.508	4.654	375.364	-410.249	52.280	-52.280	467.311	-422.862	
	29	92.380	231.635	98.340	456.880	-329.101	52.280	-52.280	931.515	40.973	
29	29	106.885	278.043	115.951	458.329	-337.808	52.367	-52.367	1011.575	110.703	
	30	184.786	486.143	209.625	544.952	-262.547	52.367	-52.367	1477.874	565.641	
30	30	199.040	530.837	227.131	556.837	-282.105	52.669	-52.669	1566.514	622.234	
	31	275.713	738.952	320.811	647.970	-213.454	52.669	-52.669	2036.116	1069.354	
31	31	290.831	784.243	338.777	671.556	-234.563	53.295	-53.295	2138.702	1125.993	
	32	384.065	992.379	432.466	767.829	-173.195	53.295	-53.295	2630.033	1582.419	
32	32	399.290	1034.709	450.802	804.381	-189.359	54.232	-54.232	2743.414	1641.209	
	33	523.398	1242.823	544.481	908.443	-136.762	54.232	-54.232	3273.377	2119.708	
33	33	537.835	1278.539	562.628	961.362	-174.150	55.455	-55.455	3395.820	2149.397	
	34	678.021	1486.678	656.319	1075.704	-147.195	55.455	-55.455	3952.177	2618.368	P10
34	34	-725.533	-1683.358	-742.010	89.547	-1105.722	28.042	-28.042	-3033.312	-4284.665	P10
	35	-603.148	-1475.237	-648.328	120.057	-993.965	28.042	-28.042	-2578.614	-3748.720	
35	35	-587.213	-1435.881	-629.535	75.525	-938.346	26.822	-26.822	-2550.282	-3617.797	

36	36	-495.719	-1227.775	-535.859	128.739	-834.749	26.822	-26.822	-2103.791	-3120.924	
36	36	-479.837	-1184.163	-517.354	101.389	-795.709	25.823	-25.823	-2054.142	-3002.887	
	37	-401.426	-976.025	-423.664	190.040	-698.153	25.823	-25.823	-1585.252	-2525.091	
37	37	-387.204	-933.546	-405.995	150.547	-673.506	25.255	-25.255	-1550.942	-2425.506	
	38	-307.578	-725.459	-312.327	243.350	-580.732	25.255	-25.255	-1076.758	-1951.352	
38	38	-293.881	-682.081	-295.050	196.484	-564.404	24.886	-24.886	-1049.641	-1860.303	
	39	-204.113	-473.960	-201.367	292.690	-475.874	24.886	-24.886	-561.863	-1380.200	
39	39	-189.195	-426.361	-183.474	244.066	-466.839	24.790	-24.790	-530.174	-1290.659	
	40	-90.533	-218.245	-89.793	342.863	-382.653	24.790	-24.790	-30.918	-806.014	
40	40	-75.762	-170.338	-71.939	305.639	-401.992	24.727	-24.727	12.326	-744.758	
	41	22.919	37.819	21.760	394.404	-302.134	24.727	-24.727	501.630	-244.362	
41	41	37.715	85.757	39.615	371.527	-348.211	24.717	-24.717	559.331	-209.841	
	42	136.375	293.870	133.294	462.253	-241.807	24.717	-24.717	1050.510	297.015	
42	42	151.629	342.423	151.331	453.227	-285.016	24.732	-24.732	1123.343	335.635	
	43	241.396	550.541	245.013	545.156	-187.945	24.732	-24.732	1606.839	824.272	
43	43	254.140	590.296	261.148	561.162	-206.414	24.661	-24.661	1691.406	874.509	
	44	330.567	798.418	354.832	667.725	-136.375	24.661	-24.661	2176.202	1322.781	
44	44	343.452	839.340	371.957	694.686	-136.296	24.580	-24.580	2274.015	1393.872	
	45	407.042	1026.632	456.265	812.761	-88.191	24.580	-24.580	2727.280	1777.167	A2

< 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	
45	46	-411.576	-1054.304	-462.994	91.373	-824.085	24.978	-24.978	-1812.524	-2777.937	P7
	47	-347.647	-865.470	-378.238	138.546	-706.010	24.978	-24.978	-1427.831	-2322.342	
46	47	-331.052	-805.071	-356.902	136.752	-672.578	24.858	-24.858	-1331.416	-2190.462	
	48	-254.211	-595.219	-262.712	206.698	-565.724	24.858	-24.858	-880.587	-1702.725	
47	48	-240.715	-549.621	-245.152	188.130	-546.814	24.872	-24.872	-822.486	-1607.175	
	49	-150.482	-339.818	-150.984	285.459	-454.664	24.872	-24.872	-330.952	-1120.820	
48	49	-135.664	-291.530	-132.657	243.104	-462.297	24.843	-24.843	-291.904	-1046.991	
	50	-36.470	-81.687	-38.471	349.564	-371.606	24.843	-24.843	217.778	-553.078	
49	50	-22.668	-36.857	-20.850	303.808	-394.114	24.830	-24.830	248.264	-499.319	
	51	76.525	172.984	73.336	403.720	-305.481	24.830	-24.830	751.395	-7.466	
50	51	90.460	218.227	91.041	385.025	-342.010	24.773	-24.773	809.526	32.945	
	52	189.654	428.071	185.227	469.509	-243.646	24.773	-24.773	1297.234	534.533	
51	52	204.188	475.378	203.245	478.952	-291.685	24.552	-24.552	1386.314	566.574	
	53	294.423	685.185	297.415	567.805	-195.804	24.552	-24.552	1869.379	1056.667	
52	53	308.123	731.594	314.994	584.362	-242.402	24.282	-24.282	1963.356	1088.028	
	54	388.194	941.450	409.186	677.486	-150.014	24.282	-24.282	2440.600	1564.535	
53	54	402.231	990.599	426.915	701.891	-189.459	23.726	-23.726	2545.362	1606.559	
	55	481.049	1200.421	521.091	799.741	-101.282	23.726	-23.726	3026.028	2077.554	
54	55	495.836	1254.744	538.871	837.795	-128.675	22.945	-22.945	3150.191	2137.831	
	56	587.825	1464.580	633.054	941.714	-76.230	22.945	-22.945	3650.118	2586.284	
55	56	602.245	1521.964	650.434	995.362	-121.054	21.692	-21.692	3791.698	2631.898	
	57	725.290	1731.812	744.623	1107.454	-90.605	21.692	-21.692	4330.872	3089.429	P8
56	57	-678.376	-1535.002	-658.394	146.793	-1076.515	49.235	-49.235	-2675.744	-3997.521	P8
	58	-537.462	-1325.179	-564.216	173.832	-961.853	49.235	-49.235	-2203.791	-3437.946	
57	58	-523.931	-1269.967	-547.195	136.977	-910.570	50.550	-50.550	-2153.566	-3302.214	
	59	-399.154	-1060.127	-453.010	189.627	-806.174	50.550	-50.550	-1672.114	-2769.016	
58	59	-384.607	-1006.232	-435.208	173.854	-770.780	51.460	-51.460	-1600.734	-2648.287	
	60	-290.889	-796.412	-341.032	235.250	-674.260	51.460	-51.460	-1141.624	-2154.054	
59	60	-276.247	-746.079	-323.087	214.423	-651.256	51.947	-51.947	-1079.043	-2048.616	

59	61	-199.160	-536.236	-228.901	283.097	-559.898	51.947	-51.947	-629.254	-1576.143	
60	61	-185.151	-489.379	-211.111	263.622	-547.819	52.218	-52.218	-569.801	-1485.679	
	62	-106.830	-279.551	-116.932	338.954	-460.983	52.218	-52.218	-112.141	-1016.514	
61	62	-92.635	-233.074	-99.045	330.491	-459.070	52.325	-52.325	-41.939	-936.149	
	63	-11.324	-23.221	-4.854	411.796	-377.388	52.325	-52.325	424.722	-469.111	
62	63	2.779	22.832	12.956	413.836	-389.022	52.261	-52.261	504.663	-402.715	
	64	84.069	232.634	107.123	500.497	-313.118	52.261	-52.261	976.584	58.448	
63	64	98.208	279.638	124.903	512.597	-332.691	52.008	-52.008	1067.354	118.049	
	65	178.270	489.471	219.085	604.563	-263.254	52.008	-52.008	1543.398	571.564	
64	65	192.270	537.940	236.764	626.714	-284.201	51.490	-51.490	1645.179	631.284	
	66	271.090	747.767	330.943	724.387	-222.340	51.490	-51.490	2125.677	1075.970	
65	66	285.606	800.689	348.673	758.050	-241.332	50.729	-50.729	2243.747	1142.907	
	67	377.607	1010.552	442.868	863.236	-188.329	50.729	-50.729	2744.992	1591.969	
66	67	391.597	1066.004	460.121	912.956	-218.646	49.406	-49.406	2880.084	1649.670	
	68	496.743	1275.824	554.297	1027.810	-193.512	49.406	-49.406	3404.079	2083.945	P9
67	68	-496.747	-1275.834	-554.303	193.432	-1027.755	49.412	-49.412	-2084.040	-3404.050	P9
	69	-391.600	-1066.014	-460.127	218.550	-912.913	49.412	-49.412	-1649.779	-2880.065	
68	69	-377.613	-1010.578	-442.882	188.284	-863.235	50.738	-50.738	-1592.051	-2745.047	
	70	-285.613	-800.715	-348.687	241.284	-758.048	50.738	-50.738	-1142.992	-2243.800	
69	70	-271.098	-747.794	-330.967	222.346	-724.391	51.501	-51.501	-1076.013	-2125.752	
	71	-192.278	-537.967	-236.788	284.202	-626.721	51.501	-51.501	-631.330	-1645.255	
70	71	-178.288	-489.522	-219.113	263.255	-604.600	52.016	-52.016	-571.653	-1543.540	
	72	-98.225	-279.689	-124.931	332.697	-512.643	52.016	-52.016	-118.133	-1067.504	
71	72	-84.086	-232.669	-107.150	313.128	-500.507	52.264	-52.264	-58.513	-976.677	
	73	-2.779	-22.826	-12.963	389.049	-413.841	52.264	-52.264	402.745	-504.674	
72	73	11.328	23.241	4.857	377.420	-411.783	52.328	-52.328	469.174	-424.684	
	74	92.624	233.054	99.030	459.091	-330.499	52.328	-52.328	936.126	41.880	
73	74	106.818	279.527	116.914	460.985	-338.992	52.221	-52.221	1016.465	112.046	
	75	185.140	489.354	211.093	547.820	-263.649	52.221	-52.221	1485.628	569.717	
74	75	199.145	536.195	228.886	559.887	-283.136	51.951	-51.951	1576.064	629.138	
	76	276.231	746.038	323.072	651.251	-214.462	51.951	-51.951	2048.544	1078.929	
75	76	290.877	796.374	341.010	674.253	-235.281	51.460	-51.460	2153.974	1141.519	
	77	384.596	1006.195	435.186	770.768	-173.892	51.460	-51.460	2648.205	1600.624	
76	77	399.155	1060.119	452.999	806.192	-189.675	50.547	-50.547	2769.013	1672.051	
	78	523.933	1269.960	547.185	910.582	-137.034	50.547	-50.547	3302.207	2153.496	
77	78	537.509	1325.307	564.258	961.959	-173.927	49.232	-49.232	3438.265	2203.914	
	79	678.423	1535.130	658.435	1076.642	-146.866	49.232	-49.232	3997.861	2675.890	P10
78	79	-725.268	-1731.752	-744.613	90.606	-1107.404	21.685	-21.685	-3089.343	-4330.722	P10
	80	-602.223	-1521.904	-650.424	121.016	-995.322	21.685	-21.685	-2631.851	-3791.558	
79	80	-587.795	-1464.508	-633.022	76.250	-941.672	22.942	-22.942	-2586.133	-3649.939	
	81	-495.806	-1254.673	-538.839	128.651	-837.800	22.942	-22.942	-2137.725	-3150.061	
80	81	-481.039	-1200.396	-521.082	101.281	-799.719	23.731	-23.731	-2077.505	-3025.966	
	82	-402.220	-990.573	-426.904	189.457	-701.925	23.731	-23.731	-1606.509	-2545.353	
81	82	-388.202	-941.467	-409.184	150.018	-677.526	24.284	-24.284	-1564.551	-2440.662	
	83	-308.146	-731.653	-315.011	242.383	-584.456	24.284	-24.284	-1088.143	-1963.550	
82	83	-294.449	-685.249	-297.420	195.795	-567.849	24.554	-24.554	-1056.769	-1869.522	
	84	-204.196	-475.400	-203.231	291.682	-478.990	24.554	-24.554	-566.592	-1386.372	
83	84	-189.658	-428.084	-185.215	243.675	-469.526	24.777	-24.777	-534.504	-1297.260	
	85	-90.463	-218.238	-91.027	342.041	-385.029	24.777	-24.777	-32.910	-809.534	
84	85	-76.522	-172.981	-73.314	305.509	-403.696	24.836	-24.836	7.528	-751.350	
	86	22.672	36.862	20.872	394.138	-303.855	24.836	-24.836	499.381	-248.285	
85	86	36.452	81.637	38.470	371.603	-349.579	24.846	-24.846	553.008	-217.866	
	87	135.627	291.438	132.637	462.271	-243.137	24.846	-24.846	1046.818	291.718	

86	87	150.451	339.733	150.963	454.690	-285.470	24.875	-24.875	1120.713	330.802	
	88	240.704	549.581	245.151	546.839	-188.165	24.875	-24.875	1607.150	822.396	
87	88	254.206	595.203	262.709	565.748	-206.784	24.861	-24.861	1702.728	880.474	
	89	331.047	805.055	356.900	672.597	-136.785	24.861	-24.861	2190.460	1331.355	
88	89	347.649	865.502	378.233	706.032	-138.554	24.978	-24.978	2322.393	1427.852	
	90	411.578	1054.336	462.990	824.103	-91.402	24.978	-24.978	2777.985	1812.524	A2

< 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	55.678	311.991	-35.678	908.094	-729.628	2.168	-2.881	1242.254	-400.517	P7
	2	55.678	277.514	46.544	861.804	-747.659	2.168	-2.881	1243.708	-370.804	
2	2	51.947	271.296	-34.518	941.578	-814.823	2.146	-3.262	1232.450	-529.359	
	3	51.947	232.986	56.846	941.520	-836.759	2.146	-3.262	1285.444	-498.242	
3	3	43.870	221.531	-31.082	851.672	-714.976	1.671	-3.134	1087.662	-483.791	
	4	43.870	183.220	60.283	835.532	-736.912	1.671	-3.134	1124.576	-452.674	
4	4	23.916	138.743	-41.235	705.449	-570.462	2.214	-2.380	829.088	-451.418	
	5	23.916	100.426	50.145	641.308	-588.700	2.214	-2.380	818.009	-416.593	
5	5	5.721	60.988	-52.079	578.379	-487.221	2.741	-1.746	595.750	-474.338	
	6	5.721	22.678	39.283	487.708	-518.350	2.741	-1.746	558.131	-452.415	
6	6	-12.534	-15.020	-64.441	522.992	-475.632	3.351	-3.233	434.348	-570.860	
	7	-12.534	-53.331	26.922	488.343	-576.604	3.351	-3.233	452.752	-618.779	
7	7	-28.220	-81.449	-74.816	567.209	-609.172	5.017	-5.017	387.741	-798.675	
	8	-28.220	-119.761	16.549	549.108	-664.849	5.017	-5.017	422.693	-801.298	
8	8	-35.698	-123.221	-78.727	676.460	-753.370	6.361	-6.361	445.176	-997.376	
	9	-35.698	-161.533	12.641	654.523	-774.962	6.361	-6.361	476.294	-965.912	
9	9	-39.105	-147.211	-77.841	795.759	-892.844	7.416	-7.416	539.017	-1164.417	
	10	-39.105	-185.518	13.513	777.526	-906.351	7.416	-7.416	573.832	-1124.877	
10	10	-39.938	-154.120	-70.831	914.865	-966.976	7.398	-7.398	657.375	-1239.263	
	11	-39.938	-192.436	20.545	896.628	-1021.580	7.398	-7.398	692.198	-1240.807	
11	11	-33.458	-127.754	-55.070	971.131	-1003.014	6.486	-6.486	761.334	-1225.784	
	12	-33.458	-166.066	36.295	955.645	-1091.600	6.486	-6.486	798.902	-1261.316	P8
12	12	0.057	83.659	-71.736	1066.048	-959.309	1.213	-2.158	1079.241	-949.487	P8
	13	0.057	45.353	19.617	979.501	-974.892	1.213	-2.158	1045.741	-912.023	
13	13	12.408	125.747	-52.157	1005.430	-905.374	2.315	-2.318	1093.743	-821.694	
	14	12.408	87.437	39.205	945.774	-923.608	2.315	-2.318	1087.138	-786.876	
14	14	15.232	128.218	-42.546	879.962	-768.143	3.214	-2.163	984.081	-669.402	
	15	15.232	89.905	48.825	833.676	-786.379	3.214	-2.163	990.851	-634.580	
15	15	13.577	106.960	-38.531	729.414	-598.309	3.359	-1.834	814.779	-518.137	
	16	13.577	68.650	52.832	670.266	-616.543	3.359	-1.834	808.684	-483.318	
16	16	10.385	75.743	-38.525	624.712	-503.420	3.058	-1.805	675.374	-457.622	
	17	10.385	37.428	52.849	533.801	-520.870	3.058	-1.805	637.522	-422.013	
17	17	4.316	33.477	-41.574	554.324	-460.966	2.642	-2.335	553.185	-467.082	
	18	4.316	-4.836	49.795	458.485	-542.010	2.642	-2.335	510.402	-495.069	
18	18	-3.030	-12.585	-46.059	526.167	-523.353	2.407	-3.054	466.902	-588.080	
	19	-3.030	-50.895	45.304	505.636	-614.359	2.407	-3.054	499.423	-626.034	
19	19	-9.749	-53.719	-49.469	607.361	-642.857	3.028	-3.748	497.452	-759.541	
	20	-9.749	-92.028	41.891	589.128	-710.776	3.028	-3.748	532.269	-774.411	
20	20	-13.664	-80.384	-49.407	744.559	-792.380	3.321	-3.964	604.425	-939.799	

21	21	-13.664	-118.691	41.949	726.326	-840.375	3.321	-3.964	639.240	-934.745	
21	21	-16.101	-93.536	-45.304	870.574	-894.444	3.198	-3.639	718.831	-1053.024	
	22	-16.101	-131.850	46.068	852.338	-960.665	3.198	-3.639	753.653	-1066.187	
22	22	-13.043	-76.469	-34.618	925.480	-941.964	2.299	-2.427	803.649	-1068.521	
	23	-13.043	-114.783	56.753	909.934	-1033.645	2.299	-2.427	841.160	-1107.145	P9
23	23	12.812	114.071	-57.006	1031.637	-908.505	2.517	-2.409	1104.031	-841.038	P9
	24	12.812	75.765	34.347	939.892	-924.046	2.517	-2.409	1065.332	-803.533	
24	24	16.257	132.246	-45.928	959.430	-851.275	3.527	-3.067	1065.533	-751.767	
	25	16.257	93.932	45.444	893.258	-869.511	3.527	-3.067	1052.419	-716.945	
25	25	13.738	118.859	-41.921	839.841	-725.659	4.026	-3.392	934.544	-638.374	
	26	13.738	80.552	49.435	791.809	-743.892	4.026	-3.392	939.560	-603.559	
26	26	9.652	91.753	-42.063	709.844	-588.879	3.662	-2.939	772.848	-532.475	
	27	9.652	53.437	49.315	641.976	-607.116	3.662	-2.939	758.041	-497.651	
27	27	3.216	51.357	-45.094	614.475	-505.556	3.049	-2.395	627.003	-498.472	
	28	3.216	13.047	46.269	523.478	-526.153	3.049	-2.395	589.059	-466.016	
28	28	-4.098	5.379	-49.568	542.236	-458.391	2.327	-2.624	496.276	-509.302	
	29	-4.098	-32.934	41.800	461.080	-554.123	2.327	-2.624	468.176	-551.978	
29	29	-10.442	-37.639	-52.988	520.588	-534.279	1.772	-3.093	421.291	-638.440	
	30	-10.442	-75.947	38.368	503.260	-625.216	1.772	-3.093	457.011	-676.329	
30	30	-13.488	-68.446	-52.764	616.872	-670.606	1.855	-3.305	484.029	-808.609	
	31	-13.488	-106.757	38.599	598.638	-729.686	1.855	-3.305	518.847	-814.637	
31	31	-15.137	-89.715	-48.764	786.893	-834.129	2.187	-3.145	635.464	-990.889	
	32	-15.137	-128.029	42.607	768.657	-880.364	2.187	-3.145	670.285	-984.067	
32	32	-11.824	-86.000	-38.661	924.715	-946.412	2.338	-2.380	790.568	-1085.276	
	33	-11.824	-124.310	52.702	906.480	-1006.136	2.338	-2.380	825.386	-1091.948	
33	33	0.658	-43.612	-18.865	976.462	-980.577	2.184	-1.182	916.827	-1043.579	
	34	0.658	-81.926	72.508	960.875	-1067.189	2.184	-1.182	954.298	-1077.132	P10
34	34	33.011	164.915	-36.686	1090.150	-954.929	6.517	-6.517	1257.907	-800.206	P10
	35	33.011	126.604	54.679	1001.500	-970.416	6.517	-6.517	1222.311	-762.638	
35	35	39.594	191.572	-20.819	1020.923	-896.283	7.439	-7.439	1238.709	-693.375	
	36	39.594	153.264	70.539	966.413	-914.516	7.439	-7.439	1237.249	-658.558	
36	36	38.974	185.231	-13.592	905.861	-777.333	7.296	-7.296	1123.770	-574.017	
	37	38.974	146.916	77.781	892.350	-795.570	7.296	-7.296	1163.318	-539.195	
37	37	35.636	161.427	-12.549	775.130	-654.419	6.406	-6.406	966.050	-476.310	
	38	35.636	123.122	78.801	753.493	-676.352	6.406	-6.406	997.459	-445.197	
38	38	27.700	118.596	-16.980	664.647	-549.580	4.911	-4.911	798.874	-425.175	
	39	27.700	80.284	74.386	609.182	-567.690	4.911	-4.911	796.463	-390.231	
39	39	12.738	53.890	-26.548	577.140	-488.074	3.272	-3.380	620.493	-451.374	
	40	12.738	15.580	64.815	476.165	-522.506	3.272	-3.380	572.570	-432.753	
40	40	-6.318	-23.981	-39.750	517.940	-488.272	1.695	-2.731	449.588	-561.051	
	41	-6.318	-62.299	51.632	486.806	-579.015	1.695	-2.731	471.517	-598.730	
41	41	-23.788	-100.022	-49.833	588.993	-641.213	2.392	-2.230	417.743	-817.086	
	42	-23.788	-138.331	41.528	570.759	-705.363	2.392	-2.230	452.561	-828.184	
42	42	-43.667	-182.592	-59.905	737.159	-835.265	3.148	-1.688	454.144	-1123.116	
	43	-43.667	-220.903	31.460	715.223	-851.430	3.148	-1.688	485.261	-1086.228	
43	43	-52.318	-233.760	-57.137	836.654	-942.042	3.309	-2.197	496.749	-1287.453	
	44	-52.318	-272.071	34.229	814.718	-942.100	3.309	-2.197	527.866	-1234.458	
44	44	-55.705	-277.380	-46.483	747.845	-862.398	2.929	-2.213	371.207	-1244.179	
	45	-55.705	-311.857	35.739	729.813	-908.681	2.929	-2.213	400.918	-1242.718	A2

< 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	
45	46	27.496	63.343	116.571	794.509	-842.775	2.129	-2.933	1004.048	-638.298	P7
	47	27.496	54.836	33.912	812.725	-781.070	2.129	-2.933	931.098	-667.759	
46	47	35.239	111.952	119.932	889.088	-864.003	2.259	-3.378	1158.471	-600.258	
	48	35.239	102.499	28.074	911.143	-849.810	2.259	-3.378	1079.214	-687.376	
47	48	25.990	87.751	99.886	781.812	-783.755	1.772	-3.056	997.211	-573.184	
	49	25.990	78.300	8.047	803.862	-756.147	1.772	-3.056	917.971	-646.866	
48	49	14.895	51.459	79.717	606.968	-664.020	2.231	-2.405	755.270	-520.355	
	50	14.895	42.006	-12.138	625.301	-594.525	2.231	-2.405	672.294	-552.168	
49	50	-1.148	-2.895	57.324	503.070	-564.985	2.787	-1.834	559.138	-513.537	
	51	-1.148	-12.348	-34.531	524.193	-471.640	2.787	-1.834	478.953	-521.501	
50	51	-16.655	-57.462	36.510	454.337	-528.028	3.401	-3.336	420.131	-568.972	
	52	-16.655	-66.915	-55.345	556.872	-510.710	3.401	-3.336	421.357	-652.962	
51	52	-27.316	-99.104	20.355	571.248	-608.289	4.646	-4.646	469.828	-718.999	
	53	-27.316	-108.556	-71.486	624.285	-589.973	4.646	-4.646	421.574	-801.975	
52	53	-36.414	-133.129	6.648	685.693	-734.904	6.404	-6.404	529.202	-904.204	
	54	-36.414	-142.582	-85.212	706.117	-712.849	6.404	-6.404	448.312	-983.462	
53	54	-38.823	-142.799	-1.051	804.710	-855.410	7.476	-7.476	629.513	-1045.559	
	55	-38.823	-152.251	-92.898	826.856	-833.358	7.476	-7.476	550.360	-1124.806	
54	55	-32.681	-117.016	-2.237	884.055	-958.919	7.729	-7.729	739.851	-1118.582	
	56	-32.681	-126.468	-94.088	939.531	-940.587	7.729	-7.729	694.022	-1201.554	
55	56	-17.887	-51.318	4.217	938.459	-998.913	6.914	-6.914	880.385	-1070.816	
	57	-17.887	-60.772	-87.641	1019.411	-983.102	6.914	-6.914	860.026	-1156.316	P8
56	57	-12.574	-23.805	58.794	958.778	-1025.730	1.138	-2.163	982.331	-1005.479	P8
	58	-12.574	-33.257	-33.053	974.677	-947.661	1.138	-2.163	896.931	-1028.708	
57	58	1.346	40.651	66.191	924.103	-954.149	2.752	-2.290	1035.044	-848.251	
	59	1.346	31.199	-25.663	942.436	-903.743	2.752	-2.290	952.069	-899.152	
58	59	9.753	72.991	68.723	795.972	-831.001	3.497	-2.192	950.936	-681.726	
	60	9.753	63.539	-23.122	814.303	-774.123	3.497	-2.192	867.970	-726.145	
59	60	12.424	73.552	66.234	628.393	-689.850	3.453	-1.906	784.057	-539.545	
	61	12.424	64.099	-25.622	647.437	-624.125	3.453	-1.906	701.791	-575.129	
60	61	9.568	51.016	59.674	528.616	-606.060	3.028	-1.762	651.902	-487.565	
	62	9.568	41.564	-32.174	546.253	-513.207	3.028	-1.762	568.239	-496.012	
61	62	4.597	18.775	50.965	474.607	-548.823	2.622	-2.337	551.566	-476.823	
	63	4.597	9.322	-40.896	543.754	-464.259	2.622	-2.337	519.399	-493.574	
62	63	-1.529	-17.118	41.185	508.864	-541.201	2.386	-3.059	533.787	-521.723	
	64	-1.529	-26.569	-50.652	601.846	-523.950	2.386	-3.059	525.481	-605.760	
63	64	-6.404	-45.643	32.441	609.165	-631.538	2.910	-3.664	592.469	-654.808	
	65	-6.404	-55.095	-59.411	680.708	-613.206	2.910	-3.664	562.708	-737.780	
64	65	-9.511	-60.876	25.097	735.872	-771.956	3.491	-4.160	694.074	-821.406	
	66	-9.511	-70.328	-66.751	796.197	-753.625	3.491	-4.160	653.099	-904.375	
65	66	-7.070	-47.350	21.569	851.800	-894.912	3.505	-3.949	822.453	-931.713	
	67	-7.070	-56.804	-70.296	910.386	-876.578	3.505	-3.949	779.721	-1014.697	
66	67	-0.200	-3.341	21.640	902.327	-939.322	2.383	-2.549	922.810	-923.771	
	68	-0.200	-12.793	-70.205	987.468	-923.483	2.383	-2.549	906.653	-1009.229	P9
67	68	0.043	12.322	70.027	923.569	-987.825	2.645	-2.498	1008.605	-907.931	P9
	69	0.043	2.870	-21.818	939.409	-902.742	2.645	-2.498	923.148	-924.145	
68	69	6.906	56.324	70.061	876.714	-910.711	4.055	-3.633	1014.060	-781.053	
	70	6.906	46.870	-21.803	895.049	-852.227	4.055	-3.633	931.076	-823.888	
69	70	9.455	70.194	66.624	753.714	-796.935	3.935	-3.240	903.923	-653.901	
	71	9.455	60.742	-25.224	772.045	-736.445	3.935	-3.240	820.954	-694.712	
70	71	6.622	55.650	59.624	613.492	-680.461	3.693	-2.937	739.081	-561.502	
	72	6.622	46.197	-32.228	631.824	-609.008	3.693	-2.937	656.108	-591.353	

71	72	1.737	27.090	50.865	524.043	-601.598	3.079	-2.403	606.814	-524.309	
	73	1.737	17.637	-40.990	541.308	-508.598	3.079	-2.403	522.771	-532.616	
72	73	-4.720	-9.704	40.672	463.976	-543.972	2.296	-2.642	492.519	-520.367	
	74	-4.720	-19.156	-51.171	548.430	-474.710	2.296	-2.642	475.678	-552.399	
73	74	-9.403	-41.157	32.346	513.307	-546.059	1.750	-2.998	496.844	-567.271	
	75	-9.403	-50.609	-59.502	606.171	-528.427	1.750	-2.998	488.407	-650.940	
74	75	-12.265	-63.694	25.795	624.233	-647.092	1.905	-3.428	575.974	-700.684	
	76	-12.265	-73.147	-66.061	689.970	-628.106	1.905	-3.428	540.401	-783.007	
75	76	-9.487	-62.867	23.353	773.854	-814.057	2.196	-3.584	727.050	-866.642	
	77	-9.487	-72.319	-68.493	830.701	-795.726	2.196	-3.584	682.599	-949.609	
76	77	-1.021	-30.367	25.958	903.571	-942.108	2.289	-2.834	900.429	-950.373	
	78	-1.021	-39.820	-65.898	953.893	-923.775	2.289	-2.834	849.444	-1033.348	
77	78	12.157	32.181	32.601	947.184	-974.791	2.182	-1.131	1026.307	-898.983	
	79	12.157	22.729	-59.245	1025.311	-958.894	2.182	-1.131	1003.135	-984.384	P10
78	79	17.719	60.305	87.564	983.343	-1019.757	7.012	-7.012	1155.942	-861.181	P10
	80	17.719	50.852	-4.294	999.154	-938.960	7.012	-7.012	1070.442	-881.695	
79	80	32.505	125.979	94.032	940.746	-939.731	7.828	-7.828	1201.089	-695.044	
	81	32.505	116.526	2.180	959.078	-884.234	7.828	-7.828	1118.117	-740.851	
80	81	38.838	152.258	92.998	833.431	-827.033	7.380	-7.380	1124.905	-550.319	
	82	38.838	142.806	1.150	855.483	-804.843	7.380	-7.380	1045.657	-629.429	
81	82	36.469	142.673	85.437	713.295	-705.787	6.473	-6.473	984.347	-447.681	
	83	36.469	133.221	-6.405	735.346	-685.383	6.473	-6.473	905.104	-528.570	
82	83	27.408	108.742	71.806	589.947	-623.808	4.734	-4.734	802.637	-420.586	
	84	27.408	99.289	-20.053	608.268	-570.864	4.734	-4.734	719.646	-468.954	
83	84	15.990	65.284	54.827	510.151	-557.288	3.289	-3.384	649.541	-424.572	
	85	15.990	55.831	-37.030	527.498	-454.561	3.289	-3.384	565.578	-423.153	
84	85	0.501	10.771	34.030	471.301	-524.546	1.794	-2.773	518.397	-482.017	
	86	0.501	1.318	-57.826	564.605	-503.419	1.794	-2.773	510.392	-562.199	
85	86	-14.771	-41.783	12.460	594.764	-625.117	2.389	-2.247	553.059	-671.458	
	87	-14.771	-51.235	-79.376	664.327	-606.788	2.389	-2.247	521.335	-754.417	
86	87	-26.556	-79.775	-8.467	755.906	-804.422	3.073	-1.766	644.180	-920.987	
	88	-26.556	-89.228	-100.325	783.399	-782.367	3.073	-1.766	570.362	-1000.243	
87	88	-35.211	-102.564	-27.878	850.096	-911.051	3.365	-2.235	687.809	-1078.938	
	89	-35.211	-112.017	-119.736	864.235	-888.996	3.365	-2.235	600.636	-1158.195	
88	89	-27.453	-54.886	-33.760	781.173	-812.708	2.918	-2.103	667.992	-930.908	
	90	-27.453	-63.392	-116.419	842.849	-794.493	2.918	-2.103	638.502	-1003.859	A2

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	1.052	-1.017	59.714	-749.363	2.069	809.077	P7
	2	2862.045	-269.154	97.162	-634.855	3131.199	732.017	
2	2	2862.256	-269.154	97.162	-634.855	3131.410	732.017	
	3	4972.644	-567.456	202.025	-527.049	5540.100	729.074	
3	3	4972.650	-567.456	202.025	-539.678	5540.106	741.703	
	4	6305.825	-865.941	285.036	-444.432	7171.766	729.468	
4	4	6305.825	-865.941	285.036	-462.217	7171.766	747.253	
	5	6975.275	-1167.783	348.267	-371.475	8143.058	719.742	
5	5	6975.275	-1167.832	348.267	-394.394	8143.107	742.661	
	6	7038.734	-1470.106	402.008	-305.644	8508.840	707.652	
6	6	7038.749	-1470.132	402.008	-342.817	8508.881	744.825	
	7	6602.279	-1769.454	463.684	-244.031	8371.733	707.714	
7	7	6602.279	-1769.454	463.684	-292.661	8371.733	756.345	
	8	5654.461	-2074.307	534.667	-196.448	7728.768	731.116	
8	8	5654.461	-2074.307	534.667	-243.315	7728.768	777.982	
	9	4306.876	-2400.159	601.869	-150.502	6707.035	752.371	
9	9	4306.927	-2400.159	601.869	-190.033	6707.086	791.902	
	10	2695.727	-2757.929	669.047	-101.396	5453.656	770.443	
10	10	2695.760	-2757.929	669.047	-128.735	5453.689	797.783	
	11	1147.053	-3173.268	738.257	-60.220	4320.321	798.476	
11	11	1147.306	-3173.356	738.257	-100.053	4320.662	838.310	
	12	996.750	-4493.738	813.578	-65.922	5490.488	879.500	P8
12	12	996.774	-4493.738	813.578	-789.613	5490.512	1603.191	P8
	13	1305.863	-3827.167	107.163	-699.737	5133.030	806.900	
13	13	1305.863	-3827.167	107.163	-700.089	5133.030	807.252	
	14	2985.033	-3231.277	162.901	-609.733	6216.310	772.633	
14	14	2985.086	-3231.277	162.901	-617.348	6216.363	780.248	
	15	4305.306	-2690.853	220.492	-527.010	6996.159	747.502	
15	15	4305.306	-2690.911	220.492	-541.453	6996.217	761.945	
	16	5224.644	-2185.217	279.664	-449.590	7409.861	729.254	
16	16	5224.644	-2185.305	279.664	-467.886	7409.949	747.550	
	17	5697.204	-1698.124	336.985	-374.258	7395.328	711.243	
17	17	5697.204	-1698.141	336.985	-397.424	7395.345	734.410	
	18	5690.441	-1390.868	395.482	-300.354	7081.309	695.836	
18	18	5690.487	-1390.868	395.482	-338.723	7081.355	734.205	
	19	5199.576	-1790.820	469.149	-244.133	6990.396	713.282	
19	19	5199.607	-1790.820	469.149	-281.281	6990.427	750.430	
	20	4233.514	-2207.752	544.608	-191.594	6441.266	736.202	
20	20	4233.575	-2207.752	544.608	-226.388	6441.327	770.996	
	21	2851.510	-2655.221	621.527	-139.953	5506.731	761.480	
21	21	2851.528	-2655.221	621.527	-170.794	5506.749	792.321	
	22	1335.981	-3157.158	702.651	-96.141	4493.139	798.792	
22	22	1336.411	-3157.250	702.651	-110.689	4493.661	813.340	
	23	1180.283	-3745.925	791.546	-97.039	4926.208	888.585	P9
22	23	1180.287	-3746.298	791.546	-791.499	4926.585	1583.045	P9

24	24	1336.501	-3158.305	110.631	-701.172	4494.806	811.803	
24	24	1336.501	-3158.305	110.631	-702.649	4494.806	813.279	
	25	2852.008	-2656.138	170.750	-611.547	5508.146	782.297	
25	25	2852.008	-2656.141	170.750	-621.513	5508.149	792.263	
	26	4234.461	-2208.542	226.375	-529.769	6443.003	756.144	
26	26	4234.461	-2208.603	226.375	-544.565	6443.064	770.940	
	27	5200.563	-1791.408	281.295	-451.377	6991.971	732.671	
27	27	5200.563	-1791.488	281.295	-469.067	6992.051	750.362	
	28	5690.939	-1391.342	338.791	-375.183	7082.281	713.975	
28	28	5690.939	-1391.365	338.791	-395.422	7082.304	734.214	
	29	5697.323	-1697.897	397.489	-301.331	7395.220	698.820	
29	29	5697.387	-1697.897	397.489	-336.969	7395.284	734.458	
	30	5224.728	-2184.822	467.904	-238.955	7409.550	706.858	
30	30	5224.788	-2184.822	467.904	-279.646	7409.610	747.549	
	31	4305.190	-2690.262	541.500	-189.225	6995.452	730.725	
31	31	4305.247	-2690.262	541.500	-220.493	6995.509	761.993	
	32	2984.901	-3230.476	617.384	-135.046	6215.377	752.429	
32	32	2984.901	-3230.482	617.384	-162.952	6215.383	780.335	
	33	1305.562	-3826.139	700.088	-83.033	5131.701	783.121	
33	33	1306.015	-3826.240	700.088	-107.225	5132.255	807.313	
	34	997.080	-4492.448	789.620	-87.860	5489.528	877.481	P10
34	34	997.080	-4492.686	789.620	-813.518	5489.766	1603.138	P10
	35	1147.502	-3173.764	100.041	-732.130	4321.266	832.170	
35	35	1147.502	-3173.764	100.041	-738.229	4321.266	838.270	
	36	2696.063	-2758.303	128.739	-655.343	5454.366	784.082	
36	36	2696.063	-2758.330	128.739	-669.044	5454.393	797.783	
	37	4307.959	-2400.401	190.040	-584.556	6708.360	774.596	
37	37	4307.959	-2400.486	190.040	-601.817	6708.445	791.857	
	38	5654.986	-2074.531	243.350	-515.559	7729.517	758.910	
38	38	5654.986	-2074.642	243.350	-534.648	7729.628	777.998	
	39	6602.583	-1769.677	292.690	-446.334	8372.260	739.024	
39	39	6602.632	-1769.690	292.690	-463.663	8372.322	756.352	
	40	7038.961	-1470.350	342.863	-374.186	8509.311	717.049	
40	40	7038.961	-1470.350	342.863	-401.992	8509.311	744.855	
	41	6975.477	-1167.977	394.404	-301.376	8143.454	695.780	
41	41	6975.482	-1167.977	394.404	-348.211	8143.459	742.615	
	42	6305.923	-866.019	462.253	-241.807	7171.942	704.061	
42	42	6305.949	-866.092	462.253	-285.016	7172.041	747.270	
	43	4972.668	-567.493	539.712	-173.323	5540.161	713.035	
43	43	4972.668	-567.553	539.712	-202.045	5540.221	741.757	
	44	2862.359	-269.141	633.712	-86.632	3131.500	720.343	
44	44	2862.359	-269.197	634.888	-97.170	3131.556	732.058	
	45	1.018	-0.998	749.400	-59.727	2.015	809.127	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
45	46	0.874	-1.049	61.870	-754.782	1.923	816.652	P7
	47	2905.796	-280.426	97.734	-641.215	3186.222	738.949	
46	47	2905.796	-280.501	97.734	-641.215	3186.297	738.949	
	48	5050.284	-583.831	202.076	-530.297	5634.115	732.373	
47	48	5050.367	-583.935	202.076	-540.861	5634.302	742.937	

47	49	6398.912	-884.506	285.459	-445.618	7283.418	731.077	
48	49	6399.022	-884.618	285.459	-462.297	7283.640	747.756	
	50	7071.608	-1184.203	349.564	-371.606	8255.811	721.170	
49	50	7071.666	-1184.317	349.564	-394.114	8255.983	743.677	
	51	7130.000	-1484.975	403.720	-305.481	8614.975	709.201	
50	51	7130.000	-1485.086	403.720	-342.010	8615.086	745.730	
	52	6682.036	-1788.755	465.991	-243.646	8470.791	709.637	
51	52	6682.036	-1788.852	465.991	-291.685	8470.888	757.676	
	53	5716.923	-2098.596	537.377	-195.804	7815.519	733.181	
52	53	5716.923	-2098.683	537.377	-242.402	7815.606	779.779	
	54	4350.149	-2423.995	604.790	-150.014	6774.144	754.804	
53	54	4350.149	-2424.042	604.790	-189.459	6774.191	794.249	
	55	2722.835	-2778.706	671.661	-101.282	5501.541	772.943	
54	55	2722.835	-2778.706	671.661	-128.675	5501.541	800.336	
	56	1159.507	-3188.258	739.705	-61.141	4347.765	800.845	
55	56	1159.507	-3188.258	739.705	-101.587	4347.765	841.292	
	57	1002.646	-4534.638	813.649	-67.050	5537.284	880.700	P8
56	57	1002.646	-4535.012	813.649	-789.410	5537.658	1603.059	P8
	58	1324.207	-3867.714	107.978	-699.510	5191.921	807.488	
57	58	1324.783	-3867.922	107.978	-700.430	5192.705	808.408	
	59	3020.445	-3268.102	162.709	-610.055	6288.547	772.764	
58	59	3020.514	-3268.164	162.709	-618.357	6288.678	781.066	
	60	4347.078	-2722.423	220.721	-528.166	7069.501	748.887	
59	60	4347.193	-2722.423	220.721	-542.963	7069.616	763.684	
	61	5273.828	-2211.203	279.863	-451.248	7485.031	731.112	
60	61	5273.905	-2211.203	279.863	-469.246	7485.108	749.110	
	62	5751.808	-1718.303	337.205	-375.733	7470.111	712.938	
61	62	5751.901	-1718.303	337.205	-398.111	7470.204	735.317	
	63	5746.004	-1404.063	395.964	-301.367	7150.067	697.331	
62	63	5746.004	-1404.151	395.964	-339.042	7150.155	735.006	
	64	5250.555	-1810.452	470.202	-244.323	7061.007	714.525	
63	64	5250.555	-1810.523	470.202	-281.177	7061.078	751.379	
	65	4275.645	-2230.294	546.051	-191.633	6505.939	737.684	
64	65	4275.645	-2230.335	546.051	-226.179	6505.980	772.230	
	66	2882.181	-2678.926	623.122	-139.926	5561.107	763.048	
65	66	2882.181	-2678.926	623.122	-170.595	5561.107	793.717	
	67	1348.601	-3179.656	703.669	-96.618	4528.257	800.286	
66	67	1348.601	-3179.656	703.669	-111.664	4528.257	815.333	
	68	1193.640	-3762.494	791.601	-97.569	4956.134	889.170	P9
67	68	1193.875	-3762.494	791.601	-791.595	4956.369	1583.197	P9
	69	1348.536	-3180.869	111.611	-701.348	4529.405	812.959	
68	69	1349.092	-3181.024	111.611	-703.665	4530.116	815.276	
	70	2882.967	-2680.106	170.546	-612.690	5563.073	783.236	
69	70	2883.096	-2680.152	170.546	-623.088	5563.248	793.634	
	71	4276.297	-2231.286	226.183	-531.514	6507.583	757.697	
70	71	4276.428	-2231.286	226.183	-546.061	6507.714	772.244	
	72	5251.191	-1811.257	281.183	-453.015	7062.448	734.198	
71	72	5251.266	-1811.257	281.183	-470.185	7062.523	751.368	
	73	5746.417	-1404.633	339.093	-376.374	7151.050	715.466	
72	73	5746.493	-1404.633	339.093	-395.903	7151.126	734.995	
	74	5751.994	-1717.859	398.155	-302.068	7469.853	700.222	
73	74	5751.994	-1717.959	398.155	-337.204	7469.953	735.358	
	75	5273.823	-2210.631	469.241	-239.192	7484.454	708.433	

74	75	5273.823	-2210.715	469.241	-279.869	7484.538	749.110	
	76	4347.117	-2721.756	542.950	-189.500	7068.873	732.451	
75	76	4347.117	-2721.790	542.950	-220.724	7068.907	763.675	
	77	3020.410	-3267.358	618.357	-135.400	6287.768	753.757	
76	77	3020.410	-3267.358	618.357	-162.737	6287.768	781.093	
	78	1324.677	-3866.965	700.435	-82.648	5191.642	783.083	
77	78	1324.677	-3866.965	700.435	-108.014	5191.642	808.449	
	79	1002.826	-4534.182	789.446	-88.362	5537.008	877.809	P10
78	79	1002.869	-4534.182	789.446	-813.642	5537.051	1603.089	P10
	80	1159.438	-3188.615	101.537	-732.441	4348.053	833.979	
79	80	1159.762	-3188.785	101.537	-739.694	4348.547	841.231	
	81	2723.345	-2779.212	128.651	-657.150	5502.557	785.801	
80	81	2723.459	-2779.251	128.651	-671.640	5502.710	800.291	
	82	4350.704	-2424.483	189.457	-587.589	6775.187	777.046	
81	82	4350.840	-2424.483	189.457	-604.789	6775.323	794.246	
	83	5717.315	-2099.130	242.383	-518.864	7816.445	761.247	
82	83	5717.414	-2099.130	242.383	-537.376	7816.544	779.760	
	84	6682.471	-1789.162	291.682	-449.265	8471.633	740.947	
83	84	6682.527	-1789.162	291.682	-465.960	8471.689	757.642	
	85	7130.158	-1485.308	342.041	-376.590	8615.466	718.631	
84	85	7130.210	-1485.308	342.041	-403.696	8615.518	745.737	
	86	7071.633	-1184.448	394.138	-303.350	8256.081	697.488	
85	86	7071.633	-1184.448	394.138	-349.579	8256.081	743.717	
	87	6399.213	-884.761	462.271	-243.137	7283.974	705.408	
86	87	6399.213	-884.761	462.271	-285.470	7283.974	747.740	
	88	5050.289	-583.956	540.854	-173.509	5634.245	714.363	
87	88	5050.289	-583.956	540.854	-202.096	5634.245	742.950	
	89	2905.690	-280.491	636.791	-86.869	3186.181	723.660	
88	89	2905.717	-280.491	641.201	-97.749	3186.208	738.950	
	90	1.024	-1.208	754.775	-61.867	2.232	816.643	A2

< DL 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	1.295	-1.194	87.974	-812.710	2.490	900.684	P7
	2	2911.088	-374.142	136.271	-694.621	3285.230	830.892	
2	2	2911.088	-374.142	136.349	-694.621	3285.230	830.970	
	3	5262.913	-789.688	206.360	-561.136	6052.601	767.496	
3	3	5262.913	-789.688	206.360	-561.136	6052.601	767.496	
	4	6856.330	-1206.826	260.979	-453.153	8063.156	714.132	
4	4	6856.330	-1206.826	260.979	-453.153	8063.156	714.132	
	5	7756.369	-1629.384	315.397	-357.598	9385.753	672.994	
5	5	7756.369	-1629.434	315.397	-357.598	9385.803	672.994	
	6	7994.776	-2051.851	382.212	-279.045	10046.627	661.258	
6	6	7994.776	-2051.863	382.631	-291.154	10046.639	673.785	
	7	7584.374	-2470.274	466.810	-214.646	10054.648	681.455	
7	7	7584.461	-2470.274	475.836	-242.012	10054.735	717.848	
	8	6538.108	-2936.317	564.399	-164.915	9474.425	729.315	
8	8	6538.329	-2936.317	580.688	-197.854	9474.646	778.542	

9	9	4883.921	-3440.959	673.529	-127.064	8324.880	800.593	
9	9	4884.211	-3440.959	698.139	-155.073	8325.170	853.212	
	10	2844.494	-4219.867	795.718	-91.843	7064.361	887.562	
10	10	2844.494	-4219.867	834.721	-117.023	7064.361	951.744	
	11	1636.271	-6693.998	938.367	-75.487	8330.269	1013.855	
11	11	1636.342	-6693.998	994.038	-120.003	8330.340	1114.041	
	12	1266.473	-10749.459	1105.782	-89.533	12015.932	1195.315	P8
12	12	1266.511	-10749.833	1105.782	-1075.673	12016.344	2181.455	P8
	13	1464.146	-6982.166	173.998	-961.387	8446.312	1135.385	
13	13	1464.223	-6982.893	173.998	-961.387	8447.116	1135.385	
	14	2485.269	-4683.231	189.312	-804.380	7168.500	993.692	
14	14	2485.512	-4683.995	189.312	-804.380	7169.507	993.692	
	15	4096.693	-3882.186	234.538	-671.531	7978.879	906.069	
15	15	4096.693	-3882.295	234.538	-671.531	7978.988	906.069	
	16	5491.983	-3628.315	282.084	-556.802	9120.298	838.886	
16	16	5491.983	-3628.389	282.084	-556.802	9120.372	838.886	
	17	6261.634	-3489.831	337.795	-458.305	9751.465	796.100	
17	17	6261.634	-3489.855	337.795	-458.305	9751.489	796.100	
	18	6392.932	-3370.809	410.263	-375.328	9763.741	785.590	
18	18	6393.024	-3370.809	412.078	-387.476	9763.833	799.554	
	19	5886.132	-3246.502	498.549	-311.663	9132.634	810.211	
19	19	5886.343	-3246.502	510.436	-331.418	9132.845	841.854	
	20	4742.782	-3244.622	602.163	-261.983	7987.404	864.146	
20	20	4743.051	-3244.622	624.386	-283.128	7987.673	907.514	
	21	3330.293	-3711.760	721.787	-221.255	7042.053	943.043	
21	21	3330.293	-3711.760	756.260	-240.416	7042.053	996.675	
	22	2638.875	-5801.736	861.124	-187.382	8440.611	1048.506	
22	22	2638.883	-5801.736	912.124	-218.190	8440.619	1130.313	
	23	2778.964	-9389.945	1026.639	-193.070	12168.909	1219.709	P9
23	23	2779.042	-9389.991	1026.639	-1026.626	12169.033	2053.265	P9
	24	2639.059	-5801.848	218.106	-912.134	8440.907	1130.239	
24	24	2639.067	-5802.478	218.106	-912.134	8441.545	1130.239	
	25	3330.777	-3733.536	240.383	-756.275	7064.313	996.658	
25	25	3330.906	-3734.261	240.383	-756.275	7065.167	996.658	
	26	4744.278	-3245.677	283.124	-624.408	7989.955	907.532	
26	26	4744.278	-3245.752	283.124	-624.408	7990.030	907.532	
	27	5887.646	-3247.336	331.420	-510.408	9134.982	841.828	
27	27	5887.646	-3247.371	331.420	-510.408	9135.017	841.828	
	28	6393.922	-3371.192	387.506	-412.047	9765.114	799.552	
28	28	6393.922	-3371.275	387.506	-412.047	9765.197	799.552	
	29	6262.063	-3490.058	456.880	-329.101	9752.121	785.981	
29	29	6262.136	-3490.058	458.329	-337.808	9752.194	796.137	
	30	5492.196	-3679.479	544.952	-262.547	9171.675	807.499	
30	30	5492.382	-3679.479	556.837	-282.105	9171.861	838.943	
	31	4096.599	-3882.154	647.970	-213.454	7978.753	861.424	
31	31	4096.866	-3882.154	671.556	-234.563	7979.020	906.118	
	32	2485.471	-4682.906	767.829	-173.195	7168.377	941.024	
32	32	2485.471	-4682.906	804.381	-189.359	7168.377	993.740	
	33	1464.386	-6981.766	908.443	-136.762	8446.152	1045.205	
33	33	1464.386	-6981.766	961.362	-174.150	8446.152	1135.512	
	34	1266.862	-10749.136	1075.704	-147.195	12015.998	1222.899	P10
34	34	1266.862	-10749.136	1075.704	-1105.722	12015.998	2181.426	P10
	35	1636.733	-6693.154	120.057	-993.965	8329.887	1114.022	

35	35	1636.733	-6693.802	120.057	-993.965	8330.535	1114.022	
	36	2844.772	-4219.486	117.017	-834.749	7064.258	951.767	
36	36	2844.969	-4220.433	117.017	-834.749	7065.402	951.767	
	37	4885.430	-3441.325	155.108	-698.153	8326.755	853.261	
37	37	4885.430	-3441.540	155.108	-698.153	8326.970	853.261	
	38	6538.992	-2936.804	197.925	-580.732	9475.796	778.657	
38	38	6538.992	-2937.020	197.925	-580.732	9476.012	778.657	
	39	7585.213	-2470.772	242.061	-475.874	10055.985	717.935	
39	39	7585.213	-2470.820	242.061	-475.874	10056.033	717.935	
	40	7995.151	-2052.310	291.230	-382.653	10047.461	673.883	
40	40	7995.226	-2052.310	291.230	-382.653	10047.536	673.883	
	41	7756.647	-1630.018	357.620	-302.134	9386.665	659.753	
41	41	7756.871	-1630.018	357.683	-315.382	9386.889	673.064	
	42	6856.590	-1206.909	441.728	-238.848	8063.499	680.577	
42	42	6856.985	-1207.019	453.227	-261.000	8064.004	714.227	
	43	5262.916	-790.294	545.156	-187.945	6053.210	733.102	
43	43	5263.307	-790.371	561.162	-206.414	6053.678	767.576	
	44	2911.070	-374.182	667.725	-136.375	3285.252	804.100	
44	44	2911.354	-374.259	694.686	-136.375	3285.613	831.061	
	45	1.234	-1.163	812.761	-88.191	2.398	900.952	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
45	46	0.989	-1.207	91.373	-824.085	2.196	915.457	P7
	47	2976.823	-390.169	138.546	-706.010	3366.992	844.556	
46	47	2977.267	-390.276	138.546	-706.010	3367.543	844.556	
	48	5367.007	-812.889	206.698	-565.724	6179.896	772.421	
47	48	5367.592	-813.038	206.698	-565.724	6180.630	772.421	
	49	6977.961	-1233.153	261.354	-454.664	8211.114	716.019	
48	49	6978.484	-1233.318	261.354	-454.664	8211.802	716.019	
	50	7882.125	-1651.378	316.449	-357.901	9533.503	674.350	
49	50	7882.443	-1651.550	316.449	-357.901	9533.993	674.350	
	51	8116.024	-2071.758	384.211	-279.133	10187.782	663.345	
50	51	8116.087	-2071.934	385.025	-291.004	10188.021	676.029	
	52	7692.773	-2495.729	469.509	-214.586	10188.502	684.095	
51	52	7692.773	-2495.896	478.952	-241.655	10188.669	720.606	
	53	6625.569	-2926.939	567.805	-164.703	9552.508	732.508	
52	53	6625.569	-2927.107	584.362	-197.425	9552.676	781.787	
	54	4942.652	-3377.453	677.486	-126.846	8320.105	804.333	
53	54	4942.652	-3377.592	701.891	-154.683	8320.244	856.573	
	55	2878.820	-4129.796	799.741	-91.686	7008.616	891.427	
54	55	2878.885	-4130.629	837.795	-117.410	7009.514	955.206	
	56	1654.806	-6710.005	941.714	-76.230	8364.811	1017.944	
55	56	1654.806	-6710.466	995.362	-121.054	8365.272	1116.416	
	57	1274.793	-10830.051	1107.454	-90.605	12104.844	1198.059	P8
56	57	1274.793	-10830.128	1107.454	-1076.515	12104.921	2183.969	P8
	58	1486.950	-6941.069	173.832	-961.853	8428.019	1135.685	
57	58	1486.950	-6941.069	173.832	-961.853	8428.019	1135.685	
	59	2523.653	-4567.572	189.627	-806.174	7091.225	995.801	
58	59	2523.653	-4567.572	189.627	-806.174	7091.225	995.801	
	60	4140.737	-3812.057	235.250	-674.260	7952.794	909.510	

59	60	4141.087	-3812.057	235.250	-674.260	7953.144	909.510	
	61	5552.999	-3654.134	283.097	-559.898	9207.133	842.995	
60	61	5553.265	-3654.134	283.097	-559.898	9207.399	842.995	
	62	6333.586	-3519.189	338.954	-460.983	9852.775	799.937	
61	62	6333.690	-3519.189	338.954	-460.983	9852.879	799.937	
	63	6468.086	-3395.714	411.796	-377.388	9863.800	789.184	
62	63	6468.086	-3395.714	413.836	-389.022	9863.800	802.857	
	64	5956.259	-3282.475	500.497	-313.118	9238.734	813.615	
63	64	5956.259	-3282.475	512.597	-332.691	9238.734	845.288	
	65	4800.038	-3185.330	604.563	-263.254	7985.368	867.817	
64	65	4800.038	-3185.330	626.714	-284.201	7985.368	910.915	
	66	3377.731	-3623.561	724.387	-222.340	7001.292	946.727	
65	66	3377.836	-3624.121	758.050	-241.332	7001.957	999.382	
	67	2676.724	-5773.060	863.236	-188.329	8449.784	1051.565	
66	67	2676.724	-5773.459	912.956	-218.646	8450.183	1131.602	
	68	2813.339	-9451.035	1027.810	-193.512	12264.374	1221.322	P9
67	68	2813.339	-9451.120	1027.810	-1027.755	12264.459	2055.565	P9
	69	2677.049	-5773.963	218.550	-912.913	8451.012	1131.463	
68	69	2677.073	-5773.963	218.550	-912.913	8451.036	1131.463	
	70	3378.857	-3625.215	241.284	-758.048	7004.072	999.332	
69	70	3378.857	-3625.215	241.284	-758.048	7004.072	999.332	
	71	4800.846	-3186.544	284.202	-626.721	7987.390	910.922	
70	71	4801.210	-3186.568	284.202	-626.721	7987.778	910.922	
	72	5957.100	-3283.303	332.697	-512.643	9240.403	845.340	
71	72	5957.366	-3283.323	332.697	-512.643	9240.689	845.340	
	73	6468.890	-3396.188	389.049	-413.841	9865.078	802.891	
72	73	6469.014	-3396.223	389.049	-413.841	9865.237	802.891	
	74	6334.115	-3519.224	459.091	-330.499	9853.339	789.591	
73	74	6334.115	-3519.270	460.985	-338.992	9853.385	799.977	
	75	5553.382	-3653.886	547.820	-263.649	9207.268	811.468	
74	75	5553.382	-3653.933	559.887	-283.136	9207.315	843.024	
	76	4141.125	-3811.814	651.251	-214.462	7952.939	865.713	
75	76	4141.125	-3811.835	674.253	-235.281	7952.960	909.534	
	77	2523.574	-4566.045	770.768	-173.892	7089.619	944.660	
76	77	2523.788	-4566.784	806.192	-189.675	7090.572	995.867	
	78	1487.065	-6939.953	910.582	-137.034	8427.018	1047.616	
77	78	1487.139	-6940.379	961.959	-173.927	8427.518	1135.886	
	79	1274.969	-10829.898	1076.642	-146.866	12104.867	1223.508	P10
78	79	1275.025	-10829.898	1076.642	-1107.404	12104.923	2184.046	P10
	80	1655.134	-6710.498	121.016	-995.322	8365.632	1116.338	
79	80	1655.262	-6710.498	121.016	-995.322	8365.760	1116.338	
	81	2879.776	-4131.247	117.447	-837.800	7011.023	955.247	
80	81	2879.776	-4131.247	117.447	-837.800	7011.023	955.247	
	82	4943.235	-3378.371	154.718	-701.925	8321.606	856.643	
81	82	4943.681	-3378.371	154.718	-701.925	8322.052	856.643	
	83	6625.909	-2927.950	197.455	-584.456	9553.859	781.911	
82	83	6626.294	-2927.950	197.455	-584.456	9554.244	781.911	
	84	7693.718	-2496.447	241.694	-478.990	10190.165	720.684	
83	84	7693.899	-2496.447	241.694	-478.990	10190.346	720.684	
	85	8116.726	-2072.456	291.082	-385.029	10189.182	676.111	
84	85	8116.726	-2072.456	291.082	-385.029	10189.182	676.111	
	86	7882.660	-1652.264	357.768	-303.855	9534.924	661.624	
85	86	7882.660	-1652.264	357.931	-316.482	9534.924	674.413	

85	87	6979.215	-1233.646	442.068	-239.676	8212.861	681.744	
86	87	6979.215	-1233.646	454.690	-261.390	8212.861	716.080	
	88	5367.746	-813.640	546.839	-188.165	6181.386	735.004	
87	88	5367.746	-813.640	565.748	-206.784	6181.386	772.532	
	89	2977.380	-390.274	672.597	-136.785	3367.654	809.382	
88	89	2977.380	-390.274	706.032	-138.554	3367.654	844.585	
	90	1.154	-1.381	824.103	-91.402	2.535	915.505	A2

4.4 바. 부재력 요약

1. 단면 - 1

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	786.005	1969.179	874.389	1388.266	49.205	5067.043	절점 1 에서 2.00 M
G2	799.123	2034.311	892.676	1406.769	50.287	5183.167	절점 89 에서 2.52 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-379.068	-943.428	-418.782	-757.361	-24.575	-2523.213	절점 1 에서 2.00 M
G2	383.447	970.409	425.320	768.793	24.978	2572.948	절점 89 에서 2.52 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	55.678	296.668	0.865	865.034	2.168	1220.413	절점 1 에서 2.00 M
G2	-27.453	-59.611	-79.682	-801.683	-2.103	-970.532	절점 89 에서 2.52 M

2. 단면 - 2

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1893.756	4690.197	2081.433	3228.550	126.187	12020.123	절점 43 에서 4.38 M
G2	1923.825	4840.353	2123.770	3299.810	128.803	12316.559	절점 88 에서 4.41 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	321.430	772.403	343.121	653.305	24.661	2114.921	절점 43 에서 4.38 M
G2	321.861	778.824	345.126	658.134	24.861	2128.806	절점 88 에서 4.41 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-52.318	-267.282	22.808	-942.092	-2.197	-1241.081	절점 43 에서 4.38 M
G2	-35.211	-110.835	-108.254	-891.753	-2.235	-1148.288	절점 88 에서 4.41 M

3. 단면 - 3

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3830.118	9197.136	4081.159	6309.877	311.688	23729.978	절점 42 에서 1.88 M
G2	3869.067	9391.450	4142.242	6425.700	316.638	24145.096	절점 87 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	187.238	420.468	186.462	485.634	24.732	1304.534	절점 42 에서	1.88 M
G2	186.252	418.426	186.284	487.162	24.875	1302.999	절점 87 에서	1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	-43.667	-196.959	-25.643	-835.283	-1.688	-1103.239	절점 42 에서	1.88 M
G2	-26.556	-83.320	-42.914	-796.152	-1.766	-950.708	절점 87 에서	1.89 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	4584.209	10837.566	4830.958	7917.537	543.849	28714.119	절점 40 에서	2.50 M
G2	4619.182	11016.004	4888.568	8040.838	551.153	29115.745	절점 50 에서	2.52 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	-26.422	-66.259	-25.089	-349.587	-24.727	-492.085	절점 40 에서	2.50 M
G2	26.928	68.064	26.243	351.360	24.830	497.425	절점 50 에서	2.52 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	-6.318	-43.140	5.941	-530.298	-2.731	-576.544	절점 40 에서	2.50 M
G2	-1.148	-7.622	11.397	-514.800	-1.834	-514.007	절점 50 에서	2.52 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	-2740.852	-6740.208	-2775.552	-5255.219	-1177.390	-18689.221	절점 10 에서	2.50 M
G2	-2758.805	-6859.112	-2820.042	-5204.493	-1161.465	-18803.917	절점 55 에서	2.52 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	538.154	1331.742	582.681	885.349	26.812	3364.737	절점 10 에서	2.50 M
G2	538.539	1359.662	585.962	888.528	22.945	3395.637	절점 55 에서	2.52 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-39.938	-173.278	-25.143	-973.276	-7.398	-1219.033	절점 10 에서 2.50 M
G2	-32.681	-121.742	-48.163	-949.753	-7.729	-1160.068	절점 55 에서 2.52 M

6. 단면 - 6

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-4207.045	-11093.686	-4937.420	-9389.945	-1558.615	-31186.711	절점 23 에서 0.00 M
G2	-4226.533	-11465.761	-4984.539	-9451.120	-1509.826	-31637.779	절점 68 에서 0.00 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-496.565	-1232.235	-553.205	-1026.626	-55.249	-3363.880	절점 23 에서 0.00 M
G2	496.743	1275.824	554.297	1027.810	49.406	3404.079	절점 68 에서 0.00 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-13.043	-114.783	56.753	-1033.645	-2.427	-1107.145	절점 23 에서 0.00 M
G2	-0.200	-12.793	-70.205	-923.483	-2.549	-1009.229	절점 68 에서 0.00 M

7. 단면 - 7

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-7461.981	-18117.943	-7776.256	-10749.833	-1384.944	-45490.957	절점 12 에서 0.00 M
G2	-7503.518	-18608.643	-7867.955	-10830.128	-1328.463	-46138.707	절점 57 에서 0.00 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	725.515	1683.320	742.017	1105.782	28.028	4284.662	절점 12 에서 0.00 M
G2	725.290	1731.812	744.623	1107.454	21.692	4330.872	절점 57 에서 0.00 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-33.458	-166.066	36.295	-1091.600	-6.486	-1261.316	절점 12 에서 0.00 M
G2	-17.887	-60.772	-87.641	-983.102	-6.914	-1156.316	절점 57 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	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	-2636.491	-6815.789	-2809.615	-5132.798	-903.519	-18298.212	절점 13 에서 3.76 M
G2	-2651.466	-6907.546	-2856.141	-5030.276	-889.608	-18335.037	절점 58 에서 3.78 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-427.332	-1086.785	-474.247	-829.239	-54.224	-2871.828	절점 13 에서 3.76 M
G2	-427.321	-1112.587	-476.556	-831.094	-50.550	-2898.108	절점 58 에서 3.78 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	12.408	97.014	16.365	946.456	2.315	1074.557	절점 13 에서 3.76 M
G2	1.346	33.562	-2.699	937.852	2.752	972.813	절점 58 에서 3.78 M

9. 단면 - 9

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	856.664	2432.209	1198.442	5603.025	420.011	10510.350	절점 29 에서 4.38 M
G2	863.295	2520.230	1199.547	5665.480	421.818	10670.370	절점 74 에서 4.41 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	175.327	460.131	197.916	533.513	52.367	1419.253	절점 29 에서 4.38 M
G2	175.629	463.125	199.321	536.350	52.221	1426.647	절점 74 에서 4.41 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-10.442	-71.158	26.949	-612.587	-3.093	-670.331	절점 29 에서 4.38 M
G2	-9.403	-49.427	-48.021	-530.369	-2.998	-640.219	절점 74 에서 4.41 M

12. 현장이음 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	2652.196	6494.697	2882.069	4444.051	187.929	16660.941	절점 2 에서 3.13 M
G2	2687.136	6669.378	2933.572	4534.796	191.400	17016.281	절점 47 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중	합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치

번호	Steel	Concrete	고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	-283.778	-668.344	-296.263	-598.398	-24.658	-1871.441	절점 2 에서 3.13 M
G2	-284.004	-673.914	-298.033	-603.072	-24.858	-1883.882	절점 47 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	51.947	247.352	22.585	941.539	2.146	1265.569	절점 2 에서 3.13 M
G2	35.239	106.044	62.521	902.873	2.259	1108.935	절점 47 에서 3.15 M

13. 현장이음 - 2

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	4370.165	10392.878	4615.638	7236.154	404.512	27019.346	절점 4 에서 1.88 M
G2	4408.287	10583.517	4677.849	7360.111	410.459	27440.222	절점 49 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	-99.359	-215.782	-98.145	-426.742	-24.714	-864.743	절점 4 에서 1.88 M
G2	-98.466	-212.839	-97.337	-426.838	-24.843	-860.324	절점 49 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	23.916	124.374	-6.968	672.096	2.214	815.633	절점 4 에서 1.88 M
G2	14.895	47.914	45.271	613.843	2.231	724.154	절점 49 에서 1.89 M

14. 현장이음 - 3

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	4072.431	9646.336	4332.785	7773.423	683.311	26508.285	절점 6 에서 3.13 M
G2	4102.704	9810.861	4380.288	7886.707	691.626	26872.186	절점 51 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	152.193	348.306	148.338	433.741	24.788	1107.366	절점 6 에서 3.13 M
G2	152.456	349.379	149.907	436.308	24.773	1112.824	절점 51 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중 Steel	Concrete	합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
G1	-12.534	-38.964	-7.339	-530.704	-3.233	-592.774	절점 6 에서 3.13 M

G2	-16.655	-63.370	-20.900	-514.204	-3.336	-618.465	절점 51 에서 3.15 M

15. 현장이음 - 4

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1456.192	3548.086	1708.161	5535.427	933.511	13181.376	절점 8 에서 3.13 M
G2	1468.131	3645.084	1719.034	5604.593	938.409	13375.249	절점 53 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	357.618	855.527	370.879	637.376	25.251	2246.650	절점 8 에서 3.13 M
G2	358.439	862.754	373.864	641.227	24.282	2260.567	절점 53 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-35.698	-147.166	-21.622	-753.405	-6.361	-964.252	절점 8 에서 3.13 M
G2	-36.414	-139.037	-50.765	-721.120	-6.404	-953.740	절점 53 에서 3.15 M

16. 현장이음 - 5

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-3085.203	-7590.499	-3147.788	-5591.569	-1194.181	-20609.238	절점 10 에서 3.13 M
G2	-3105.227	-7731.532	-3196.317	-5556.723	-1175.909	-20765.708	절점 55 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	550.002	1357.761	594.392	898.507	26.812	3427.475	절점 10 에서 3.13 M
G2	550.449	1385.892	597.735	901.727	22.945	3458.748	절점 55 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-39.938	-178.068	-13.721	-985.073	-7.398	-1224.197	절점 10 에서 3.13 M
G2	-32.681	-122.924	-59.644	-947.461	-7.729	-1170.440	절점 55 에서 3.15 M

17. 현장이음 - 6

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2913.358	-7512.562	-3113.895	-5398.872	-937.471	-19876.157	절점 13 에서 3.13 M
G2	-2929.868	-7624.455	-3163.554	-5304.623	-921.431	-19943.931	절점 58 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-442.344	-1112.800	-485.957	-842.103	-54.224	-2937.427	절점 13 에서 3.13 M
G2	-442.413	-1138.817	-488.329	-843.995	-50.550	-2964.105	절점 58 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	12.408	101.803	4.944	952.682	2.315	1074.152	절점 13 에서 3.13 M
G2	1.346	34.743	8.782	935.561	2.752	983.185	절점 58 에서 3.15 M

18. 현장이음 - 7

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1247.776	3454.296	1635.110	6007.062	333.498	12677.741	절점 16 에서 3.13 M
G2	1256.837	3553.894	1641.696	6075.063	335.450	12862.939	절점 61 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-136.749	-356.082	-151.088	-489.163	-52.366	-1185.448	절점 16 에서 3.13 M
G2	-136.852	-358.237	-152.249	-491.903	-52.218	-1191.459	절점 61 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	10.385	51.797	18.583	564.453	3.058	648.276	절점 16 에서 3.13 M
G2	9.568	45.108	2.269	539.379	3.028	599.352	절점 61 에서 3.15 M

19. 현장이음 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1306.030	3458.303	1577.763	5493.423	580.219	12415.736	절점 19 에서 1.88 M
G2	1316.072	3555.947	1585.964	5558.577	582.473	12599.033	절점 64 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	128.544	355.016	159.463	543.264	52.593	1238.880	절점 19 에서 1.88 M
G2	128.502	358.325	160.221	545.497	52.008	1244.554	절점 64 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-9.749	-68.085	-15.209	-653.967	-3.748	-750.757	절점 19 에서 1.88 M
G2	-6.404	-49.188	-2.004	-624.663	-3.664	-685.923	절점 64 에서 1.89 M

20. 현장이음 - 9

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-1311.872	-3668.404	-1608.482	-4869.779	-1180.230	-12638.767	절점 21 에서 3.13 M
G2	-1316.278	-3742.710	-1630.726	-4804.986	-1165.102	-12659.801	절점 66 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	340.197	909.273	406.173	820.616	54.093	2530.352	절점 21 에서 3.13 M
G2	340.226	931.853	407.545	822.583	50.729	2552.937	절점 66 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-16.101	-117.482	11.804	-924.402	-3.639	-1049.821	절점 21 에서 3.13 M
G2	-7.070	-53.259	-35.846	-883.453	-3.949	-983.578	절점 66 에서 3.15 M

21. 현장이음 - 10

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-1312.030	-3668.742	-1608.581	-4870.559	-1180.160	-12640.070	절점 24 에서 1.88 M
G2	-1316.460	-3743.228	-1630.883	-4805.698	-1165.192	-12661.461	절점 69 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-340.213	-909.306	-406.199	-820.638	-54.089	-2530.445	절점 24 에서 1.88 M
G2	-340.233	-931.879	-407.559	-822.584	-50.738	-2552.993	절점 69 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	16.257	117.878	-11.663	923.182	3.527	1049.181	절점 24	에서 1.88 M
G2	6.906	52.779	35.612	883.590	4.055	982.941	절점 69	에서 1.89 M

22. 현장이음 - 11

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1306.069	3458.448	1578.008	5494.721	580.166	12417.410	절점 26 에서 3.13 M
G2	1316.009	3555.820	1586.105	5559.680	582.455	12600.069	절점 71 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-128.537	-354.994	-159.468	-543.233	-52.590	-1238.822	절점 26 에서 3.13 M
G2	-128.520	-358.377	-160.250	-545.539	-52.016	-1244.701	절점 71 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	9.652	67.805	15.048	653.058	3.662	749.225	절점 26 에서 3.13 M
G2	6.622	49.742	2.216	624.949	3.693	687.223	절점 71 에서 3.15 M

23. 현장이음 - 12

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1247.753	3454.273	1635.454	6007.576	333.581	12678.636	절점 29 에서 1.88 M
G2	1256.993	3554.254	1642.134	6075.493	335.535	12864.409	절점 74 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	136.746	356.080	151.079	489.186	52.367	1185.459	절점 29 에서 1.88 M
G2	136.841	358.212	152.231	491.910	52.221	1191.415	절점 74 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-10.442	-52.005	-18.729	-564.940	-3.093	-649.209	절점 29 에서 1.88 M
G2	-9.403	-44.701	-2.097	-539.185	-2.998	-598.385	절점 74 에서 1.89 M

24. 현장이음 - 13

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2913.113	-7512.061	-3113.104	-5397.836	-937.554	-19873.667	절점 32 에서 1.88 M
G2	-2929.559	-7623.656	-3162.847	-5303.861	-921.532	-19941.453	절점 77 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					

G1	442.317	1112.752	485.932	842.103	54.232	2937.335	절점 32 에서 1.88 M
G2	442.414	1138.809	488.319	844.006	50.547	2964.096	절점 77 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-11.824	-100.366	-4.400	-953.361	-2.380	-1072.331	절점 32 에서 1.88 M
G2	-1.021	-33.912	-8.488	-935.233	-2.834	-981.489	절점 77 에서 1.89 M

25. 현장이음 - 14

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-3085.284	-7590.666	-3147.467	-5591.685	-1194.304	-20609.406	절점 35 에서 1.88 M
G2	-3105.349	-7731.846	-3195.940	-5556.897	-1176.032	-20766.063	절점 80 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-550.038	-1357.841	-594.407	-898.497	-26.822	-3427.604	절점 35 에서 1.88 M
G2	-550.419	-1385.820	-597.704	-901.703	-22.942	-3458.587	절점 80 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	39.594	177.206	13.440	984.434	7.439	1222.113	절점 35 에서 1.88 M
G2	32.505	122.434	59.588	947.620	7.828	1169.975	절점 80 에서 1.89 M

26. 현장이음 - 15

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1456.306	3548.342	1708.493	5536.411	933.595	13183.146	절점 37 에서 1.88 M
G2	1467.763	3644.174	1719.118	5605.527	938.524	13375.106	절점 82 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-357.614	-855.513	-370.870	-637.377	-25.255	-2246.629	절점 37 에서 1.88 M
G2	-358.452	-862.787	-373.869	-641.267	-24.284	-2260.659	절점 82 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	35.636	147.063	21.708	753.529	6.406	964.341	절점 37 에서 1.88 M
G2	36.469	139.129	50.996	721.564	6.473	954.631	절점 82 에서 1.89 M

27. 현장이음 - 16

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4072.391	9646.227	4332.940	7774.058	683.374	26508.990	절점 39 에서 1.88 M
G2	4102.547	9810.456	4380.418	7887.520	691.708	26872.649	절점 84 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-152.197	-348.318	-148.343	-433.795	-24.790	-1107.443	절점 39 에서 1.88 M
G2	-152.460	-349.392	-149.894	-436.363	-24.777	-1112.885	절점 84 에서 1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	12.738	39.524	7.713	531.244	3.272	594.492	절점 39 에서 1.88 M
G2	15.990	61.739	20.381	513.617	3.289	615.015	절점 84 에서 1.89 M

28. 현장이음 - 17

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4370.126	10392.791	4615.811	7236.716	404.551	27019.994	절점 41 에서 3.13 M
G2	4408.260	10583.458	4677.916	7360.397	410.507	27440.537	절점 86 에서 3.15 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	99.378	215.827	98.165	426.786	24.717	864.873	절점 41 에서 3.13 M
G2	98.436	212.762	97.324	426.821	24.846	860.190	절점 86 에서 3.15 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-23.788	-123.965	7.268	-672.020	-2.230	-814.735	절점 41 에서 3.13 M
G2	-14.771	-47.690	-44.938	-613.662	-2.247	-723.307	절점 86 에서 3.15 M

29. 현장이음 - 18

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2652.135	6494.487	2882.175	4444.495	187.954	16661.246	절점 43 에서 1.88 M
G2	2687.131	6669.472	2933.567	4534.980	191.407	17016.556	절점 88 에서 1.89 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	283.772	668.342	296.280	598.438	24.661	1871.492	절점 43 에서	1.88 M
G2	283.999	673.898	298.031	603.110	24.861	1883.898	절점 88 에서	1.89 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치	
	Steel	Concrete						
G1	-52.318	-248.126	-22.875	-942.061	-2.197	-1267.577	절점 43 에서	1.88 M
G2	-35.211	-106.109	-62.325	-902.780	-2.235	-1108.660	절점 88 에서	1.89 M

4.4 사. 반력 집계

A. G1 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	500.889	-31.668	24.119	-24.119	2390.345	1809.550	136
G2	437.935	#####	479.992	11.970	-16.387	25.525	-25.525	2076.130	1996.724	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	536.970	-48.992	86.137	-86.137	6668.559	5910.322	137
G2	#####	#####	#####	36.568	-27.753	68.326	-68.326	6286.890	6085.919	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	534.233	-59.729	113.348	#####	5285.518	4464.860	138
G2	#####	#####	#####	23.748	-36.995	96.295	-96.295	4886.489	4633.155	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	536.967	-48.914	86.165	-86.165	6667.990	5909.779	139
G2	#####	#####	#####	36.454	-27.862	68.309	-68.309	6287.300	6086.365	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	500.885	-31.621	24.140	-24.140	2390.343	1809.558	140
G2	437.917	#####	479.986	11.990	-16.445	25.510	-25.510	2076.134	1996.678	145

b. 2차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	764.608	-53.048	24.119	-24.119	2654.064	1788.170	136
G2	437.935	#####	479.992	177.006	-37.223	25.525	-25.525	2241.167	1975.887	141

< P8 >

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	412.709	999.458	453.170	764.608	-53.048	24.119	-24.119	2654.064	1788.170	136
G2	437.935	#####	479.992	177.006	-37.223	25.525	-25.525	2241.167	1975.887	141

기	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	#####	#####	#####	822.879	-85.348	86.137	-86.137	6954.468	5873.966	137
G2	#####	#####	#####	228.872	-59.347	68.326	-68.326	6479.195	6054.324	142

< P9 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	#####	#####	#####	817.805	#####	113.348	#####	5569.091	4419.551	138
G2	#####	#####	#####	207.919	-77.683	96.295	-96.295	5070.660	4592.467	143

< P10 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	#####	#####	#####	822.859	-85.287	86.165	-86.165	6953.882	5873.406	139
G2	#####	#####	#####	228.768	-59.466	68.309	-68.309	6479.614	6054.762	144

< A2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	412.718	999.415	453.186	764.633	-53.013	24.140	-24.140	2654.091	1788.166	140
G2	437.917	#####	479.986	176.996	-37.283	25.510	-25.510	2241.140	1975.840	145

c. 3차선 재하

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	412.709	999.458	453.170	744.744	-60.668	24.119	-24.119	2634.200	1780.551	136
G2	437.935	#####	479.992	519.181	-60.908	25.525	-25.525	2583.342	1952.203	141

< P8 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	#####	#####	#####	821.142	#####	86.137	-86.137	6952.732	5856.136	137
G2	#####	#####	#####	589.326	-91.740	68.326	-68.326	6839.649	6021.932	142

< P9 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	#####	#####	#####	804.498	#####	113.348	#####	5555.783	4395.879	138
G2	#####	#####	#####	568.769	#####	96.295	-96.295	5431.510	4552.567	143

< P10 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정 하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	#####	#####	#####	820.982	#####	86.165	-86.165	6952.005	5855.468	139
G2	#####	#####	#####	589.258	-91.770	68.309	-68.309	6840.104	6022.458	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	744.791	-60.690	24.140	-24.140	2634.250	1780.488	140
G2	437.917	#####	479.986	519.156	-60.914	25.510	-25.510	2583.299	1952.209	145

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	575.683	-45.505	24.119	-24.119	2465.139	1795.713	136
G2	437.935	#####	479.992	15.749	-34.814	25.525	-25.525	2079.910	1978.296	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	#####	-67.783	86.137	-86.137	7353.541	5891.532	137
G2	#####	#####	#####	68.029	-42.259	68.326	-68.326	6318.352	6071.412	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	113.348	#####	5901.179	4376.243	138
G2	#####	#####	#####	53.410	-92.151	96.295	-96.295	4916.151	4578.000	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	#####	-67.668	86.165	-86.165	7352.863	5891.025	139
G2	#####	#####	#####	68.067	-42.352	68.309	-68.309	6318.913	6071.876	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	575.626	-45.596	24.140	-24.140	2465.085	1795.583	140
G2	437.917	#####	479.986	15.778	-34.851	25.510	-25.510	2079.921	1978.271	145

b. 2차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	874.357	-77.003	24.119	-24.119	2763.812	1764.215	136

G2	437.935	#####	479.992	214.189	-57.013	25.525	-25.525	2278.350	1956.098	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.137	-86.137	8018.856	5840.908	137
G2	#####	#####	#####	530.204	-81.301	68.326	-68.326	6780.527	6032.371	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	113.348	#####	6524.545	4263.565	138
G2	#####	#####	#####	484.019	#####	96.295	-96.295	5346.761	4481.250	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.165	-86.165	8018.104	5840.370	139
G2	#####	#####	#####	530.363	-81.466	68.309	-68.309	6781.209	6032.762	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	874.352	-77.178	24.140	-24.140	2763.810	1764.001	140
G2	437.917	#####	479.986	214.211	-57.071	25.510	-25.510	2278.354	1956.052	145

c. 3차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	847.228	-88.156	24.119	-24.119	2736.684	1753.062	136
G2	437.935	#####	479.992	609.979	-91.446	25.525	-25.525	2674.140	1921.664	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.137	-86.137	8023.174	5817.172	137
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.326	-68.326	7599.894	5987.347	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	113.348	#####	6520.530	4207.830	138
G2	#####	#####	#####	#####	#####	96.295	-96.295	6118.296	4381.645	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.165	-86.165	8022.420	5816.486	139
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.309	-68.309	7600.552	5987.865	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	847.319	-88.396	24.140	-24.140	2736.777	1752.782	140
G2	437.917	#####	479.986	609.907	-91.424	25.510	-25.510	2674.050	1921.699	145

B. G2 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	10.970	-21.684	24.119	-24.119	1900.426	1819.534	136
G2	437.935	#####	479.992	503.934	-35.507	25.525	-25.525	2568.095	1977.604	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	38.194	-28.934	86.137	-86.137	6169.783	5930.380	137
G2	#####	#####	#####	536.900	-48.936	68.326	-68.326	6787.222	6064.735	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	25.541	-37.998	113.348	#####	4776.826	4486.591	138
G2	#####	#####	#####	534.173	-60.445	96.295	-96.295	5396.914	4609.706	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	37.940	-29.089	86.165	-86.165	6168.963	5929.604	139
G2	#####	#####	#####	536.938	-48.813	68.309	-68.309	6787.784	6065.414	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	11.004	-21.602	24.140	-24.140	1900.462	1819.577	140

G2	437.917	#####	479.986	503.905	-35.434	25.510	-25.510	2568.048	1977.689	145

b. 2차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	170.800	-31.071	24.119	-24.119	2060.256	1810.148	136
G2	437.935	#####	479.992	769.924	-59.868	25.525	-25.525	2834.085	1953.242	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	232.730	-61.565	86.137	-86.137	6364.320	5897.750	137
G2	#####	#####	#####	820.651	-84.399	68.326	-68.326	7070.974	6029.273	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	212.178	-79.324	113.348	#####	4963.463	4445.265	138
G2	#####	#####	#####	815.251	#####	96.295	-96.295	5677.992	4564.781	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	232.413	-61.775	86.165	-86.165	6363.436	5896.918	139
G2	#####	#####	#####	820.714	-84.244	68.309	-68.309	7071.560	6029.983	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	170.860	-31.184	24.140	-24.140	2060.318	1809.995	140
G2	437.917	#####	479.986	769.865	-59.773	25.510	-25.510	2834.008	1953.350	145

c. 3차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	511.138	-52.366	24.119	-24.119	2400.594	1788.852	136
G2	437.935	#####	479.992	751.826	-69.522	25.525	-25.525	2815.987	1943.589	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	593.835	-94.159	86.137	-86.137	6725.424	5865.155	137
G2	#####	#####	#####	817.443	#####	68.326	-68.326	7067.766	6012.354	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	573.820	#####	113.348	#####	5325.106	4405.704	138
G2	#####	#####	#####	800.557	#####	96.295	-96.295	5663.298	4541.924	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	593.555	-94.314	86.165	-86.165	6724.578	5864.379	139
G2	#####	#####	#####	817.450	#####	68.309	-68.309	7068.296	6012.987	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	511.209	-52.447	24.140	-24.140	2400.667	1788.732	140
G2	437.917	#####	479.986	751.759	-69.468	25.510	-25.510	2815.903	1943.655	145

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	14.244	-44.783	24.119	-24.119	1903.700	1796.436	136
G2	437.935	#####	479.992	590.091	-51.647	25.525	-25.525	2654.252	1961.464	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	72.777	-43.648	86.137	-86.137	6204.366	5915.666	137
G2	#####	#####	#####	#####	-67.971	68.326	-68.326	7476.410	6045.701	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	57.663	-94.747	113.348	#####	4808.948	4429.841	138
G2	#####	#####	#####	#####	#####	96.295	-96.295	6016.026	4519.301	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	72.712	-43.825	86.165	-86.165	6203.735	5914.868	139
G2	#####	#####	#####	#####	-67.782	68.309	-68.309	7476.887	6046.446	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	14.290	-44.746	24.140	-24.140	1903.749	1796.433	140
G2	437.917	#####	479.986	589.957	-51.545	25.510	-25.510	2654.100	1961.578	145

b. 2차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	197.132	-56.022	24.119	-24.119	2086.588	1785.196	136
G2	437.935	#####	479.992	900.407	-87.707	25.525	-25.525	2964.568	1925.404	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	540.592	-84.680	86.137	-86.137	6672.182	5874.635	137
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.326	-68.326	8138.620	5996.372	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	493.076	#####	113.348	#####	5244.361	4330.927	138
G2	#####	#####	#####	#####	#####	96.295	-96.295	6636.485	4407.710	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	540.540	-84.975	86.165	-86.165	6671.563	5873.718	139
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.309	-68.309	8139.123	5997.142	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	197.261	-56.134	24.140	-24.140	2086.720	1785.045	140
G2	437.917	#####	479.986	900.206	-87.553	25.510	-25.510	2964.350	1925.570	145

c. 3차선 재하

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	582.978	-86.062	24.119	-24.119	2472.433	1755.156	136
G2	437.935	#####	479.992	881.091	#####	25.525	-25.525	2945.252	1911.373	141

< P8 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.137	-86.137	7489.228	5829.528	137
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.326	-68.326	8137.645	5974.086	142

< P9 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	113.348	#####	6014.032	4232.630	138
G2	#####	#####	#####	#####	#####	96.295	-96.295	6628.056	4354.449	143

< P10 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.165	-86.165	7488.542	5828.690	139
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.309	-68.309	8138.226	5974.751	144

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	583.149	-86.172	24.140	-24.140	2472.607	1755.007	140
G2	437.917	#####	479.986	880.937	#####	25.510	-25.510	2945.080	1911.465	145

C. 최대 반력 집계

< P7 >

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	412.709	999.458	453.170	874.357	-88.156	24.119	-24.119	2763.812	1753.062	136	3500
G2	437.935	#####	479.992	900.407	#####	25.525	-25.525	2964.568	1911.373	141	3500

< P8 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.137	-86.137	8023.174	5817.172	137	8500
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.326	-68.326	8138.620	5974.086	142	8500

< P9 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	113.348	#####	6524.545	4207.830	138	7000
G2	#####	#####	#####	#####	#####	96.295	-96.295	6636.485	4354.449	143	7000

< P10 >

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	#####	#####	#####	#####	#####	86.165	-86.165	8022.420	5816.486	139	8500
G2	#####	#####	#####	#####	#####	68.309	-68.309	8139.123	5974.751	144	8500

< A2 >

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	412.718	999.415	453.186	874.352	-88.396	24.140	-24.140	2763.810	1752.782	140	3500
G2	437.917	#####	479.986	900.206	#####	25.510	-25.510	2964.350	1911.465	145	3500

4.5 2차 부정정력에 대한 영향 검토

※ 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트의 온도차에 의한 응력이 발생한다.

더구나, 강합성형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축,크리프,온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차모멘트라고 한다.

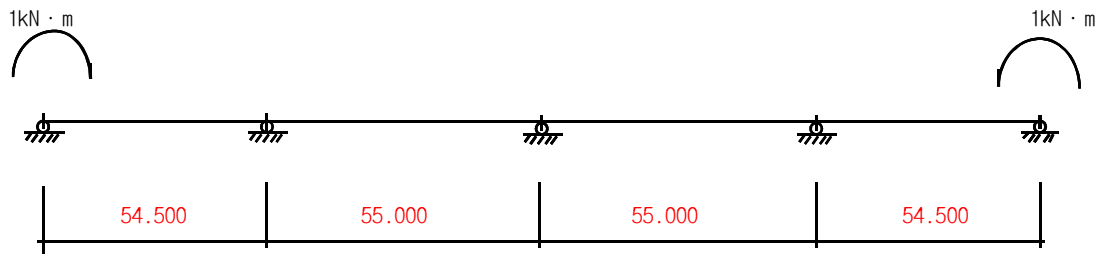
가. 정정계의 모멘트에 영향계수 k 를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법

1) 전 산 이 용

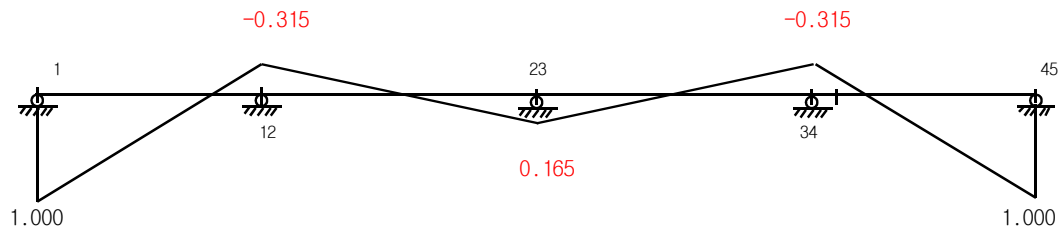
※ 양단에 단위모멘트 $M = 1.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 을 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값으로 취한다.

< 거더 - 1 >

㉠ INPUT



㉡ OUTPUT

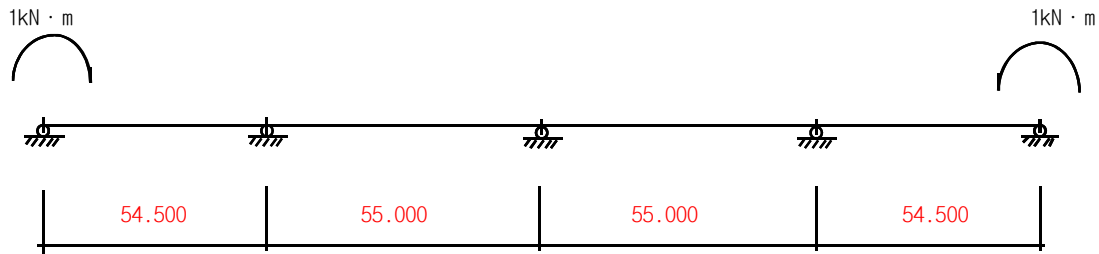


위 치	절점 1	절점 2	절점 3	절점 4	절점 5	절점 6	절점 7	절점 8	절점 9	절점 10
k 값	1.000	0.891	0.771	0.650	0.530	0.409	0.288	0.168	0.047	-0.074
위 치	절점 11	절점 12	절점 13	절점 14	절점 15	절점 16	절점 17	절점 18	절점 19	절점 20
k 값	-0.194	-0.315	-0.271	-0.228	-0.184	-0.140	-0.097	-0.053	-0.009	0.034
위 치	절점 21	절점 22	절점 23	절점 24	절점 25	절점 26	절점 27	절점 28	절점 29	절점 30
k 값	0.078	0.122	0.165	0.122	0.078	0.034	-0.009	-0.053	-0.097	-0.140
위 치	절점 31	절점 32	절점 33	절점 34	절점 35	절점 36	절점 37	절점 38	절점 39	절점 40
k 값	-0.184	-0.228	-0.271	-0.315	-0.194	-0.074	0.047	0.168	0.288	0.409

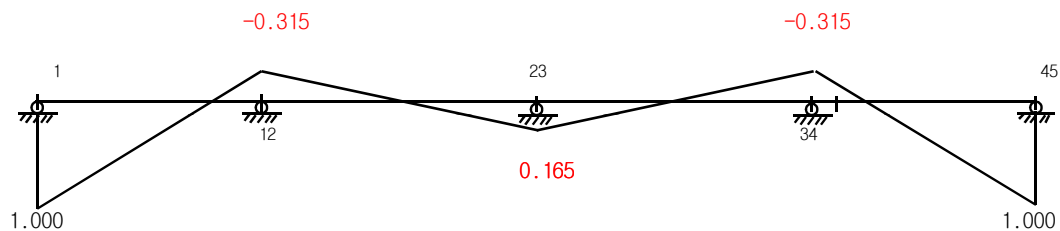
k 값	0.530	0.650	0.771	0.891	1.000					

< 거더 - 2 >

㉠ INPUT



㉡ OUTPUT



위 치	절점 46	절점 47	절점 48	절점 49	절점 50	절점 51	절점 52	절점 53	절점 54	절점 55
k 값	1.000	0.891	0.771	0.650	0.530	0.409	0.288	0.168	0.047	-0.074
위 치	절점 56	절점 57	절점 58	절점 59	절점 60	절점 61	절점 62	절점 63	절점 64	절점 65
k 값	-0.194	-0.315	-0.271	-0.228	-0.184	-0.140	-0.097	-0.053	-0.009	0.034
위 치	절점 66	절점 67	절점 68	절점 69	절점 70	절점 71	절점 72	절점 73	절점 74	절점 75
k 값	0.078	0.122	0.165	0.122	0.078	0.034	-0.009	-0.053	-0.097	-0.140
위 치	절점 76	절점 77	절점 78	절점 79	절점 80	절점 81	절점 82	절점 83	절점 84	절점 85
k 값	-0.184	-0.228	-0.271	-0.315	-0.194	-0.074	0.047	0.168	0.288	0.409
위 치	절점 86	절점 87	절점 88	절점 89	절점 90					
k 값	0.530	0.650	0.771	0.891	1.000					

나. k 값의 적용 방법

※ k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의

1) 바닥판 콘크리트의 크리프

$$\Delta \sigma_c = \frac{1}{n_1} \left[\frac{P\Phi}{A_{v1}} + \frac{M\Phi}{I_{v1}} \cdot Y_{v1} \right] - E_{c1} \frac{\sigma_c}{E_{c1}} \Phi_1 + \frac{\Delta M}{(n_1 \cdot I_{v1})} \cdot Y_{v1}$$

$$= \frac{1}{n_1} \left[\frac{P\Phi}{A_{v1}} + k \frac{M\Phi}{I_{v1}} \cdot Y_{v1} \right] - E_{c1} \frac{\sigma_c}{E_{c1}} \Phi_1$$

$$\Delta \sigma_s = \frac{P\Phi}{A_{v1}} + \frac{M\Phi}{I_{v1}} \cdot Y_{v1} + \frac{\Delta M}{I_{v1}} \cdot Y_{v1}$$

$$= \frac{P\Phi}{A_{v1}} + k \frac{M\Phi}{I_{v1}} \cdot Y_{v1}$$

2) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차

$$\Delta \sigma_c = \frac{1}{n} \left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v}{I_v} \cdot Y_v \right] - E_c \cdot \varepsilon_t + \frac{\Delta M}{(n \cdot I_v)} \cdot Y_v$$

$$= \frac{1}{n} \left[\frac{P_1}{A_v} + k \frac{M_v}{I_v} \cdot Y_v \right] - E_c \cdot \varepsilon_t$$

$$\Delta \sigma_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v}{I_v} \cdot Y_v + \frac{\Delta M}{I_v} \cdot Y_v$$

$$= \frac{P_1}{A_v} + k \frac{M_v}{I_v} \cdot Y_v$$

3) 바닥판 콘크리트의 건조 수축

$$\Delta \sigma_c = \frac{1}{n_2} \left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}}{I_{v2}} \cdot Y_{v2} \right] - E_{c2} \varepsilon_s + \frac{\Delta M}{(n_2 \cdot I_{v2})} \cdot Y_{v2}$$

$$= \frac{1}{n_2} \left[\frac{P_2}{A_{v2}} + k \frac{M_{v2}}{I_{v2}} \cdot Y_{v2} \right] - E_{c2} \varepsilon_s$$

$$\Delta \sigma_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}}{I_{v2}} \cdot Y_{v2} + \frac{\Delta M}{I_{v2}} \cdot Y_{v2}$$

$$= \frac{P_2}{A_{v2}} + k \frac{M_{v2}}{I_{v2}} \cdot Y_{v2}$$

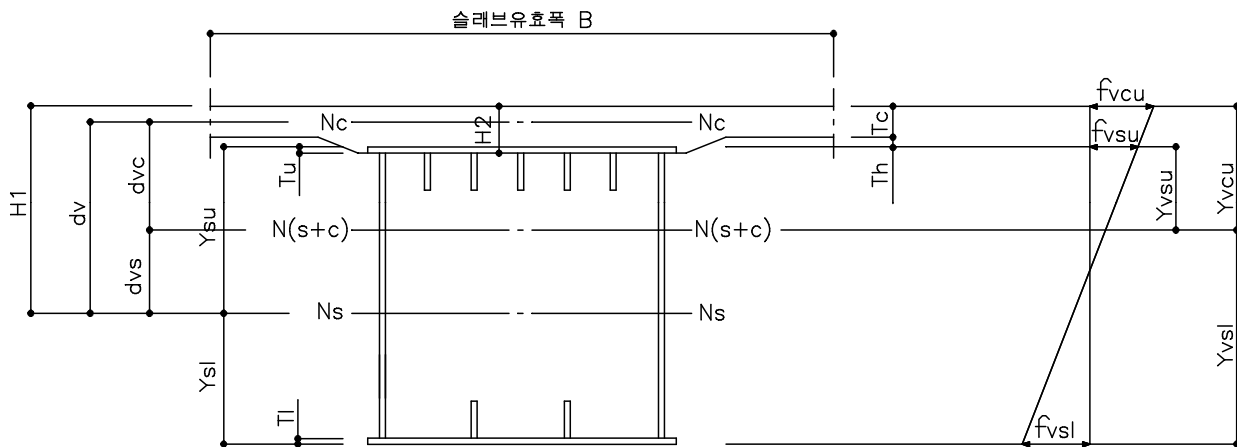
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2700.0	10.0	27000	1205.0	32535000	39204675000	225000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1125.0	-4725000	5315625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	10.0	27000	-1205.0	-32535000	39204675000	225000
강단면 합계			126300		7087500	97014037500	27676012500
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1375.0	2148405963	2954058199598	8137901376

* As = 126300 mm² , Ac = 1562477.1 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 97014037500 + 27676012500.0 = 124690050000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 7087500 / 126300 = 56.116 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 124690050000 - 126300 \times 56.116^2 = 124292325089 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 10.0 - 56.116 = 1153.884 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1153.884 - 2420.000 = -1266.116 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6053920.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 26.304 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -28.862 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 24.103 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 321609.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1318.9 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 517.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 800.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 642.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 392.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 352.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2067.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 258726482248 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6093170.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.277 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.169 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.218 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -7.132 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.930 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.453 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.277 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 1.988 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -11.641 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.276 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 223954.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 743.8 \text{ mm} & K = 0.952 \\
ds1 &= dv - dc1 = 575.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 868.8 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 618.8 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 578.8 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1841.2 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 220597424626 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 349018 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 349018 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 259595612 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.277 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.169 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.119 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.029 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.207 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$f_{vsl1} = P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{vsl} / I_{v1} = -0.504 \text{ MPa}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 191403.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 870.3 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 448.6 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c / 2 = 995.3 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 745.3 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 705.3 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1714.7 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c / n_2 \cdot d_{c2}^2 = 199357016786.2 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3212521707 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot / n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -0.923 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.083 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 30.105 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = -7.020 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 2549206271 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.333 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.626 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 18.614 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = -4.085 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 51.309 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f, f_u : 부강된 파이 양여이 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 121.1$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 126.720 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 10.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 121.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	26.304	-28.862	121.100	190.000
1+2+3	0.730	0.446	10.800	10.800	29.509	-47.635	121.100	190.000
1+2+3+4	0.611	0.417	10.800	10.800	31.716	-48.140	139.265	190.000
1+2+3+4+5	-0.312	-0.665	1.890	1.890	61.821	-55.159	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.645	-1.292	2.174	2.174	80.436	-59.245	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	0.021	-0.039	12.420	2.174	43.207	-51.074	157.430	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{80.436}{157.430} \right)^2 + \left(\frac{51.309}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.261 + 0.218 = 0.479 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \text{#####} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-55.159}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.309}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.084 + 0.218 = 0.302 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} > t = 10 \text{ mm} \quad N.G.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 6.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/26.304)} = 2.688 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 1.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/80.436)} = 1.537 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.277 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 0.73 - 0.277 = 0.453 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.277 + 2.15 \times 0.453 + (-0.119) + (-0.923) + (0.333)$$

$$= 0.625 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.277 + 2.15 \times 0.453 + (0.333)$$

$$= 1.667 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 26.304 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.218 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 29.509 - 26.304 - 1.218 = 1.987 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (26.304 + 1.218) + 2.15 \times 1.987 + (2.207) + (30.105) + (18.614)$$

$$= 90.978 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (26.304 + 1.218) + 2.15 \times 1.987 + (18.614)$$

$$= 58.666 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -28.862 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -7.132 \text{ MPa}$$

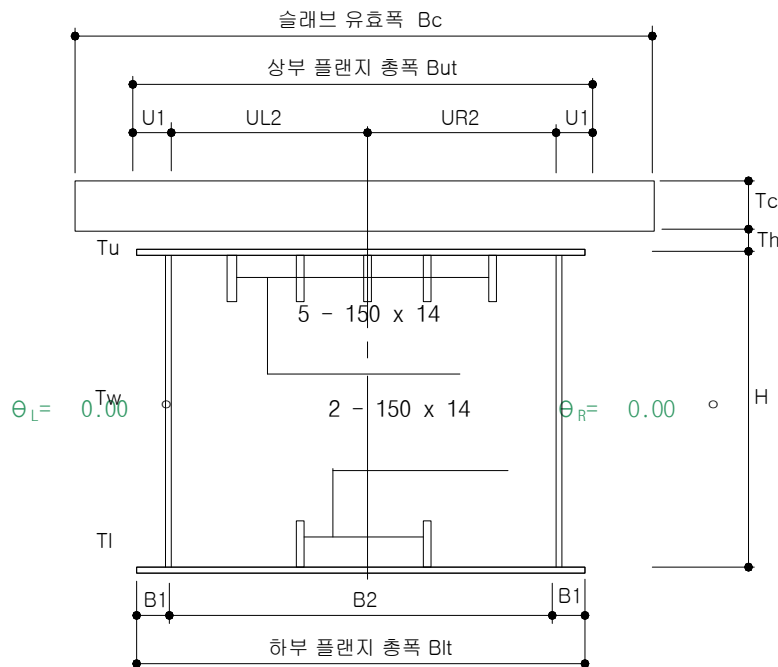
$$\text{합성후 활하중 응력} = -47.635 - -28.862 - -7.132 = -11.642 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-28.862 + -7.132) + 2.15 \times -11.642 + (-0.504) + (-7.02) + (-4.085) \\ &= -83.431 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-28.862 + -7.132) + 2.15 \times -11.642 + (-4.085) \\ &= -75.907 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.600 m
Bc = 6.250 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.700 , Blt= 2.700 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.010 m
Tl = 0.010 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	6764.177
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	2123.770
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	3428.613
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1100.685
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	345.126
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	682.995
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-146.047
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-108.254
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-893.987

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다	며	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

$$\begin{aligned}
Y_{vcI} &= Y_{vcu} - T_c = 443.8 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 403.8 \text{ mm} \\
Y_{vsI} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2216.2 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 307080903454 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6595570.0 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.600 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.384 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.793 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_{sc} \cdot Y_{vsI} / I_v = -15.327 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.215 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.968 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_v \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.619 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 4.508 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_v \cdot Y_{vsI} / I_v = -24.744 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.593 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 228754.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 811.6 \text{ mm} & K = 0.876 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 604.5 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 936.6 \text{ mm} \\
Y_{v1cI} &= Y_{v1cu} - T_c = 686.6 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 646.6 \text{ mm} \\
Y_{v1sI} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1973.4 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 261493338523 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 768284 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 768284 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 623531387 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.600 \text{ MPa} \\
f_{cI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.384 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.268 \text{ MPa} \\
f_{vcI1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cI} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cI} \cdot \phi_1 / E_c = -0.084 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 4.709 \text{ MPa} \\
f_{vsI1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sI} / I_{v1} = -0.764 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 196203.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 946.2 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 469.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1071.2 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 821.2 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 781.2 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1838.8 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 236325563363.4 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3492898837 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.001 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.136 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 28.929 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -4.993 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 2799418882 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.423 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.672 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 18.303 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = -2.620 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \cdot 41.375 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 121.1$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 126.720 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 10.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 121.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	56.894	-62.248	121.100	190.000
1+2+3	1.568	1.003	10.800	10.800	64.195	-102.320	121.100	190.000
1+2+3+4	1.300	0.919	10.800	10.800	68.904	-103.083	139.265	190.000
1+2+3+4+5	0.300	-0.217	10.800	1.890	97.833	-108.076	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.123	-0.889	2.174	2.174	116.136	-110.696	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	0.722	0.456	12.420	12.420	79.530	-105.457	157.430	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{116.136}{157.430} \right)^2 + \left(\frac{41.375}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.544 + 0.141 = 0.686 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-108.076}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{41.375}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.324 + 0.141 = 0.465 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} > t = 10 \text{ mm} \quad N.G.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.894)} = 1.827 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/116.136)} = 1.279 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.600 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.568 - 0.6 = 0.968 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.6 + 2.15 \times 0.968 + (-0.268) + (-1.001) + (0.423)$$

$$= 2.016 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.6 + 2.15 \times 0.968 + (0.423)$$

$$= 3.284 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.894 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.793 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 64.195 - 56.894 - 2.793 = 4.508 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.894 + 2.793) + 2.15 \times 4.508 + (4.709) + (28.929) + (18.303)$$

$$= 139.226 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.894 + 2.793) + 2.15 \times 4.508 + (18.303)$$

$$= 105.588 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -62.248 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsI} = -15.327 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -102.32 - 62.248 - 15.327 = -24.744 \text{ MPa}$$

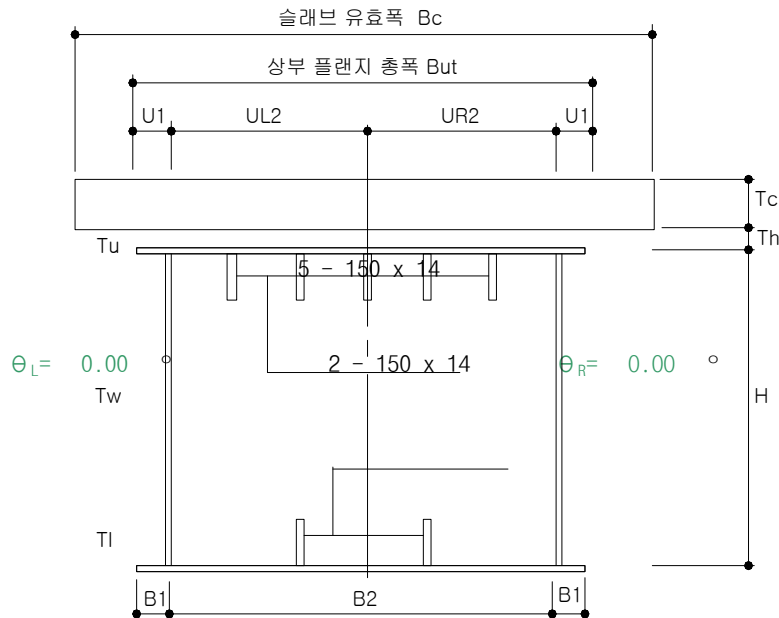
$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-62.248 + -15.327) + 2.15 \times -24.744 + (-0.764) + (-4.993) + (-2.62) \\ &= -162.425 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-62.248 + -15.327) + 2.15 \times -24.744 + (-2.62) \\ &= -156.668 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< 단 면 - 3 > : 절점 87 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 6.250 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 TI = 0.014 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

하부 플랜지 총폭 But	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 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	13260.517
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4142.242
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6742.338
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	604.678
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	186.284
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	512.037
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-109.876
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-42.914
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-797.918

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 507.3 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 469.3 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2156.7 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 359723701331 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6603106.0 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.090 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.730 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.404 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -24.834 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.256 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.774 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.189 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.797 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -40.423 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.241 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 244954.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 884.4 \text{ mm} & K = 0.695 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 586.3 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1009.4 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 759.4 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 721.4 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1904.6 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304603317691 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1422098 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1422098 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 1257715951 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.090 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.730 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.546 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.231 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.876 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.340 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 212403.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1019.9 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 450.8 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1144.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 894.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 856.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1769.1 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 275070573681.8 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3764986629 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.185 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.284 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 25.531 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 0.551 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3112172659 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.635 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.823 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 17.188 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 1.398 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \cdot 26.885 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	97.934	-98.722	148.183	190.000
1+2+3	2.864	1.919	10.800	10.800	112.135	-163.979	148.183	190.000
1+2+3+4	2.318	1.688	10.800	10.800	120.011	-163.639	170.410	190.000
1+2+3+4+5	1.134	0.404	10.800	10.800	145.542	-163.088	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	0.499	-0.419	12.420	2.174	162.729	-161.690	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.769	1.227	12.420	12.420	128.354	-164.486	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{145.542}{170.410} \right)^2 + \left(\frac{26.885}{110.000} \right)^2 = 0.729 + 0.060 = 0.789 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-163.979}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{26.885}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.745 + 0.060 = 0.805 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/97.934)} = 1.393 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.081) = 2.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/162.729)} = 1.081 < 1.2 \Rightarrow 1.081$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.090 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.864 - 1.09 = 1.774 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.09 + 2.15 \times 1.774 + (-0.546) + (-1.185) + (0.635) \\ = 4.136 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.09 + 2.15 \times 1.774 + (0.635) \\ = 5.867 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 97.934 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.404 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 112.135 - 97.934 - 5.404 = 8.797 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (97.934 + 5.404) + 2.15 \times 8.797 + (7.876) + (25.531) + (17.188) \\ = 203.847 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (97.934 + 5.404) + 2.15 \times 8.797 + (17.188) \\ = 170.440 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -98.722 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -24.834 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -163.979 - 98.722 - 24.834 = -40.422 \text{ MPa}$$

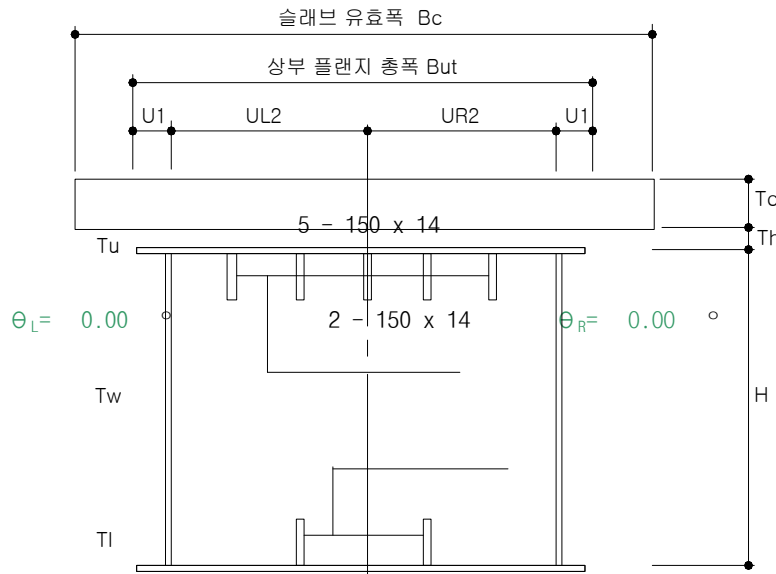
$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-98.722 + -24.834) + 2.15 \times -40.422 + (0.34) + (0.551) + (-1.398) \\ &= -248.039 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-98.722 + -24.834) + 2.15 \times -40.422 + (-1.398) \\ &= -248.929 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< 단 면 - 4 > : 절점 50 로 부터 이격 거리 2.518 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 6.250 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.016 m
 TI = 0.022 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구분	단 위	입력 DATA
Es : 강재의 탄성계수 하부 플랜지 총폭 Blt	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 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	15635.186
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4888.568
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	8591.991
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	94.992
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	26.243
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	376.190
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-8.769
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	11.397
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-516.634

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

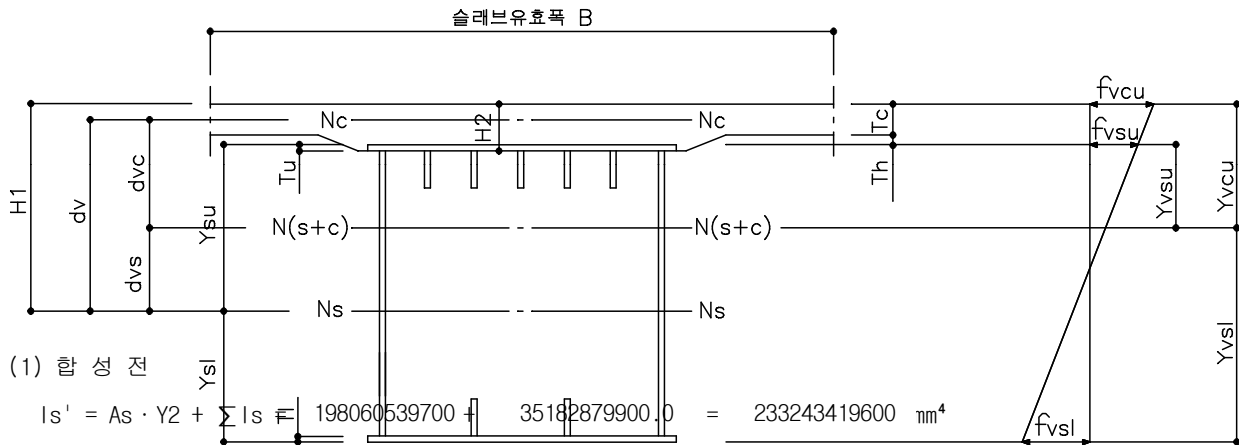
단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* $A_s = 179700 \text{ mm}^2$, $A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 \text{ mm}^4$$

$$\delta_s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -13650300 / 179700 = -75.962 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 233243419600 - 179700 \times (-75.962)^2 = 232206520935 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2600.0 / 2 + 16.0 - (-75.962) = 1391.962 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6578928.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 93.725 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -83.900 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 1.578 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 375009.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1551.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 743.2 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 807.8 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 868.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 618.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 584.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2053.8 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 458352741620 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6618178.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.157 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.824 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.231 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -21.905 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.492 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.034 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.449 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 10.951 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -38.499 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.281 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 277354.8 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1004.9 \quad \text{mm} & K = 0.469 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 546.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1129.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 879.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 845.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1792.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 384912852370 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1548147 \quad \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1548147 \quad \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = 1555699104 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.157 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.824 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.675 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.371 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.185 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.185 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 244803.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1138.5 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 412.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1263.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 1013.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 979.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1658.5 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 347502612577.0 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 4202594437 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.436 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.495 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 20.635 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 5.672 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3657892215 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.953 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.070 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.311 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 5.437 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 11.208 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 182.0$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 324.403 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 182.038 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	93.725	-83.900	182.038	190.000
1+2+3	3.192	2.273	10.800	10.800	110.907	-144.304	182.038	190.000
1+2+3+4	2.517	1.902	10.800	10.800	118.092	-142.119	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.081	0.407	10.800	10.800	138.727	-136.447	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.128	-0.663	12.420	2.174	154.038	-131.010	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	2.035	1.477	12.420	12.420	123.416	-141.884	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{138.727}{209.344} \right)^2 + \left(\frac{11.208}{110.000} \right)^2 = 0.439 + 0.010 = 0.450 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-144.304}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.208}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.577 + 0.010 = 0.587 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/93.725)} = 1.424 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.111) = 3.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/154.038)} = 1.111 < 1.2 \Rightarrow 1.111$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.157 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.192 - 1.157 = 2.034 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.157 + 2.15 \times 2.034 + (-0.675) + (-1.436) + (0.953) \\ = 4.721 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.157 + 2.15 \times 2.034 + (0.953) \\ = 6.832 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 93.725 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 6.231 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 110.907 - 93.725 - 6.231 = 10.951 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (93.725 + 6.231) + 2.15 \times 10.951 + (7.185) + (20.635) + (15.311) \\ = 196.618 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (93.725 + 6.231) + 2.15 \times 10.951 + (15.311) \\ = 168.799 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -83.900 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsI} = -21.905 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -144.304 - 83.9 - 21.905 = -38.499 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-83.9 + -21.905) + 2.15 \times -38.499 + (2.185) + (5.672) + (-5.437)$$

$$= -217.899 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-83.9 + -21.905) + 2.15 \times -38.499 + (-5.437)$$

$$= -225.756 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

1) 단면가정 및 설계조건

$$H = 2.600 \text{ m}$$
$$B_c = 6.150 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

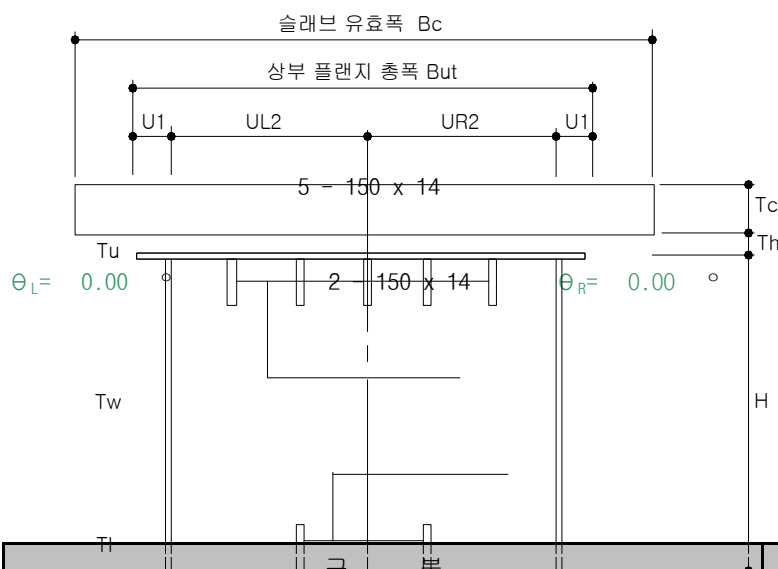
$$B_{ut} = 2.700 \quad , \quad B_{lt} = 2.700 \quad m$$

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$Th = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.010 \text{ m}$$
$$Tl = 0.012 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.100 \text{ m}$$
$$B1 = 0.100 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



단 위		입력 DATA
Es : 강재의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축을		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	3383.525
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1199.547
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6087.297
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	638.755
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	199.321
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	588.572
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-58.830
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-48.021
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-533.368

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

다	여	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	I _x (mm ⁴)

$$\begin{aligned}
Y_{vcI} &= Y_{vcu} - T_c = 485.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 445.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsI} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2176.4 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 332029848210 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6598082.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.332 \quad \text{MPa} \\
f_{vcI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.219 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.610 \quad \text{MPa} \\
f_{vsI} &= M_{sc} \cdot Y_{vsI} / I_v = -7.863 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.497 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.686 \quad \text{MPa} \\
f_{vcI} &= M_v \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 1.113 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.169 \quad \text{MPa} \\
f_{vsI} &= M_v \cdot Y_{vsI} / I_v = -39.901 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.800 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 232598.5 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 862.9 \quad \text{mm} & K = -0.135 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 607.5 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 987.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cI} &= Y_{v1cu} - T_c = 737.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 697.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sI} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1924.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 280899547492 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 423972 \quad \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 423972 \quad \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = 365827412 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.332 \quad \text{MPa} \\
f_{cI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.219 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.229 \quad \text{MPa} \\
f_{vcI1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cI} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cI} \cdot \phi_1 / E_c = -0.113 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.700 \quad \text{MPa} \\
f_{vsI1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sI} / I_{v1} = 2.161 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 200565.657 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1000.7 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 469.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1125.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 875.7 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 835.7 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1786.3 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 253074505372.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3632523 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3634945007 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.699 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.679 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 16.491 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 21.575 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4843364 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2957314078 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.269 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.231 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.199 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 17.352 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 Fv Tw)) = 26.908 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 121.1$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 126.720 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 10.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 121.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	27.868	-28.111	121.100	190.000
1+2+3	2.018	1.332	10.800	10.800	37.647	-75.875	121.100	190.000
1+2+3+4	1.789	1.219	10.800	10.800	39.348	-73.714	139.265	190.000
1+2+3+4+5	0.090	-0.460	10.800	1.890	55.839	-52.139	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.179	-1.691	2.174	2.174	70.038	-34.787	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	1.359	0.771	12.420	12.420	41.639	-69.491	157.430	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{70.038}{157.430} \right)^2 + \left(\frac{26.908}{110.000} \right)^2 = 0.198 + 0.060 = 0.258 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-75.875}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{26.908}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.159 + 0.060 = 0.219 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/27.868)} = 2.611 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/70.038)} = 1.647 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.332 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.018 - 0.332 = 1.686 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.332 + 2.15 \times 1.686 + (-0.229) + (-1.699) + (1.269) \\ = 3.397 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.332 + 2.15 \times 1.686 + (1.269) \\ = 5.325 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 27.868 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.610 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 37.647 - 27.868 - 1.61 = 8.170 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (27.868 + 1.61) + 2.15 \times 8.17 + (1.7) + (16.491) + (14.199) \\ = 88.276 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (27.868 + 1.61) + 2.15 \times 8.17 + (14.199) \\ = 70.085 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -28.111 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -7.863 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -75.875 - 28.111 - 7.863 = -39.901 \text{ MPa}$$

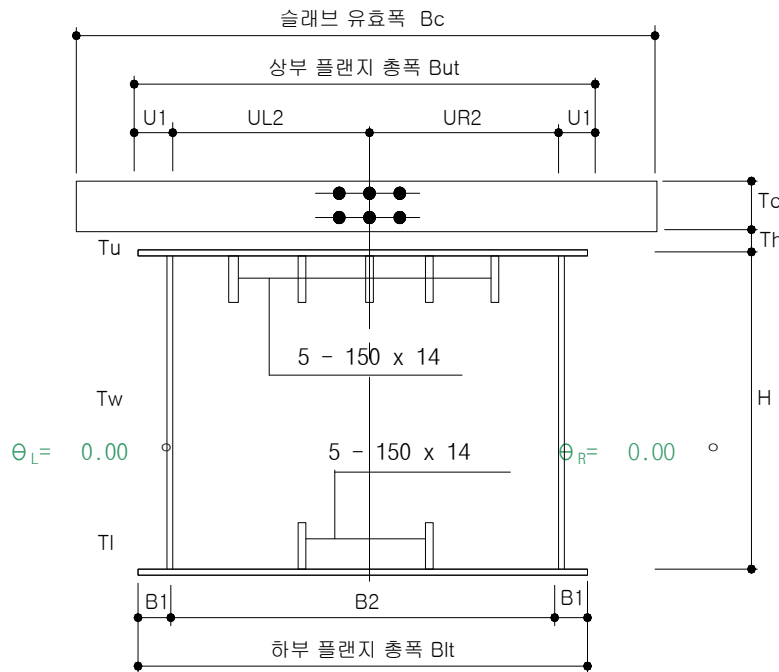
$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-28.111 + -7.863) + 2.15 \times -39.901 + (2.161) + (21.575) + (-17.352) \\ &= -126.169 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-28.111 + -7.863) + 2.15 \times -39.901 + (-17.352) \\ &= -149.905 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< 단 면 - 5 > : 절점 55 로 부터 이격 거리 2.518 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 6.250 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.010 m
 TI = 0.012 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-9617.917
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2820.042
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6365.958
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1898.201
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	585.962
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	911.474
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-154.423
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-48.163
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-957.482
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간 및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1131.257 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 383.319 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1206.257 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1056.257 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 976.257 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1645.743 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 250503100455 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6598082.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.579 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -11.891 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -10.990 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 18.527 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.695 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -30.654 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -26.842 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -24.809 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 41.823 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.653 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 338109.633 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1524.576 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 643.902 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 880.674 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 240454.817 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 905.407 \text{ mm} & K = -0.134 \\
ds1 &= dv - dc1 = 619.169 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 360346639176.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -984189 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -984189 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -891091090 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -4.573 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -4.644 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -4.682 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.932 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 207903.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1047.167 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 477.409 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3865462391 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 16.813 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 17.124 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.289 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 22.711 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3169157632 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -1.501 \text{ MPa}$$

$$f_{rllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -1.247 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 24.088 \text{ MPa}$$

$$f_{sllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 28.533 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 61.749 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 148.183$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$

* 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	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-78.022	72.446	190.000	148.183
1+2+3	-44.234	-38.733	160.000	-113.821	132.796	190.000	148.183
1+2+3+4	-48.806	-43.377	160.000	-118.504	126.864	190.000	148.183
1+2+3+4+5	-31.993	-26.254	160.000	-101.215	149.574	190.000	148.183
1+2+3+4+5+6	-33.495	-27.501	184.000	-77.126	178.108	218.500	170.411
1+2+3+4+5-6	-30.492	-25.007	184.000	-125.303	121.041	218.500	170.411

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-118.504}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.749}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.389 + 0.315 = 0.704 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{178.108}{170.411} \right)^2 + \left(\frac{61.749}{110.000} \right)^2$$

$$= 1.092 + 0.315 = 1.407 > 1.2 \quad \text{N.G.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 6) = 5.2 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

압축(하부)플래지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/72.446)} = 1.619 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.033) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/178.108)} = 1.033 < 1.2 \Rightarrow 1.033$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.579 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -44.234 - 13.579 = -30.654 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.579 + 2.15 \times -30.654 + (-4.573) + (16.813) + (-1.501)$$

$$= -72.821 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.579 + 2.15 \times -30.654 + (-1.501)$$

$$= -85.061 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -78.022 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -10.990 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -113.821 - 78.022 - 10.99 = -24.809 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-78.022 + -10.99) + 2.15 \times -24.809 + (-4.682) + (17.289) + (-24.088)$$

$$= -180.537 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-78.022 + -10.99) + 2.15 \times -24.809 + (-24.088)$$

$$= -193.143 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 72.446 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 18.527 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 132.796 - 72.446 - 18.527 = 41.823 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.446 + 18.527) + 2.15 \times 41.823 + (-5.932) + (22.711) + (28.533)$$

$$= 253.496 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.446 + 18.527) + 2.15 \times 41.823 + (28.533)$$

$$= 236.718 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

$$H = 2.600 \text{ m}$$
$$B_c = 5.296 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

$$B_{ut} = 2.700, \quad B_{lt} = 2.700 \text{ m}$$

상하 플랜지 유효폭

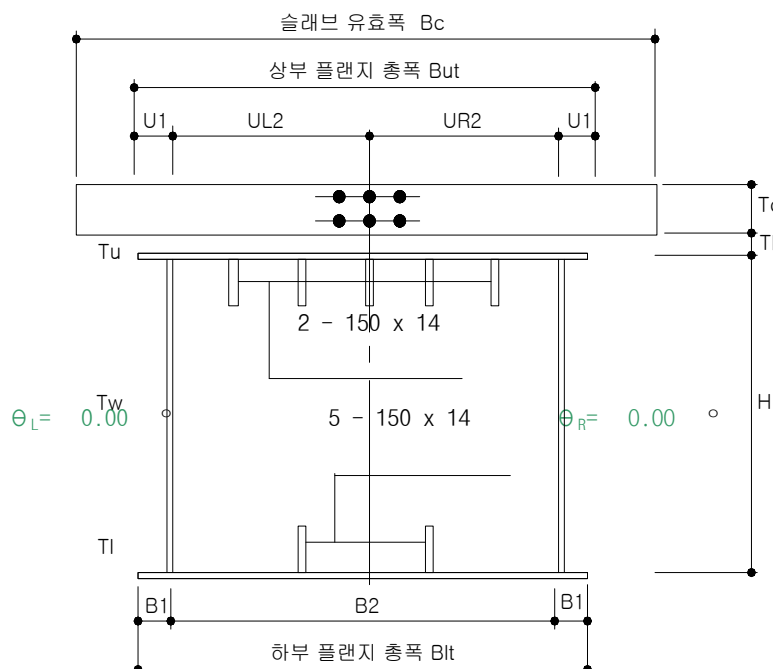
Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$Th = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.020 \text{ m}$$
$$Tl = 0.022 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-15692.294
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-4984.539
Mv : (활하중 + 지정침하)에의한 모멘트	kN · m	-10960.946
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1772.567
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	554.297
Sv : (활하중 + 지정침하)에의한 전단력	kN	1077.216
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-12.993
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-70.205
Mvt : (활하중 + 지정침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-926.032
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다며 제 위

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1256.367 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 287.543 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1331.367 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1181.367 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1111.367 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1530.633 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 310951234028 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6623202.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -21.342 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -18.937 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -17.815 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 24.536 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.325 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -46.930 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -41.643 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -39.175 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 53.954 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 23.089 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 344672.148 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1553.910 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 807.726 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 746.185 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 261916.701 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1062.935 \text{ mm} & K = 0.165 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.975 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 440014560725.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1514427 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1514427 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1609737786 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -8.016 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -7.888 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -7.828 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.571 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 234331.552 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1188.062 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 365.848 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3128156 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3716444155 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 16.834 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 16.538 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.400 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.190 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4170875 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3368921775 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -3.876 \text{ MPa}$$

$$f_{rllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -4.144 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 20.931 \text{ MPa}$$

$$f_{sllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.208 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 60.902 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 209.736$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 613.325 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 22.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-94.861	84.294	190.000	190.000
1+2+3	-68.272	-60.580	160.000	-151.851	162.785	190.000	190.000
1+2+3+4	-76.288	-68.468	160.000	-159.679	157.214	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-59.454	-51.930	160.000	-143.279	168.403	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-63.330	-56.074	184.000	-122.348	184.611	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-55.578	-47.786	184.000	-164.210	152.195	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-159.679}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{60.902}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.706 + 0.307 = 1.013 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{168.403}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{60.902}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.786 + 0.307 = 1.092 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/84.294)} = 1.501 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.014) = 8.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/184.611)} = 1.014 < 1.2 \Rightarrow 1.014$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -21.342 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -68.272 - 21.342 = -46.930 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -21.342 + 2.15 \times -46.93 + (-8.016) + (16.834) + (-3.876)$$

$$= -123.702 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -21.342 + 2.15 \times -46.93 + (-3.876)$$

$$= -132.520 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -94.861 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -17.815 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -151.851 - 94.861 - 17.815 = -39.175 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-94.861 + -17.815) + 2.15 \times -39.175 + (-7.828) + (16.4) + (-20.931)$$

$$= -243.064 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-94.861 + -17.815) + 2.15 \times -39.175 + (-20.931)$$

$$= -251.636 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 84.294 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 24.536 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 162.785 - 84.294 - 24.536 = 53.955 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (84.294 + 24.536) + 2.15 \times 53.955 + (-5.571) + (11.19) + (16.208)$$

$$= 279.308 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

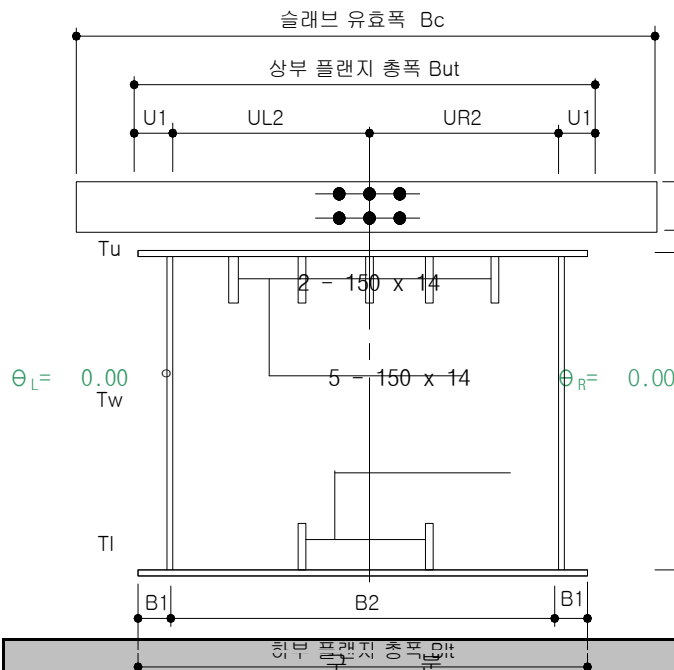
$$\Sigma f = 1.3 \times (84.294 + 24.536) + 2.15 \times 53.955 + (16.208)$$

$$= 273.690 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 7 > : 절점 57 로 부터 이격 거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 5.296 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.032 m
 Tl = 0.034 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

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 크리이프 계수	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃ 10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -26112.161
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -7867.955
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m -12158.591
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN 2457.102
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN 744.623
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN 1129.146
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -78.659
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -87.641
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m -990.016
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm 60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

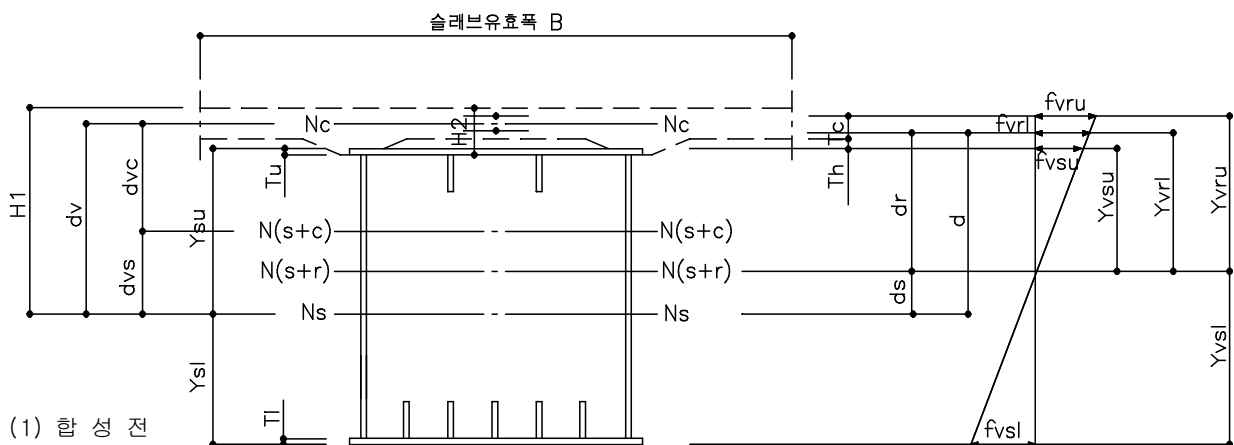
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다 면 제 워

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	2430.0	32.0	77761	1316.00	102333418	134670777826	6635602
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	34.0	82621	-1317.00	-108811877	143305242574	7959158
강단면 합계			237482		-14195960	300035207901	35194157259
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573342	48622946372	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28498016	39612242657	-
RE-BAR 합계			41004		60071358	88235189029	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 237482 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 300035207901 + 35194157259 = 335229365160 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -14195960 / 237482 = -59.777 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 335229365160 - 237482 \times (-59.777)^2 = 334380773292 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 32.0 - (-59.777) = 1391.777 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1391.777 - 2666.000 = -1274.223 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6614096.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -108.685 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 99.505 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 39.872 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 278486 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1524.777 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1300.269 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 224.508 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1375.269 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1225.269 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1167.269 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1498.731 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 415676792992 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6653346.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -26.031 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -23.192 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -22.094 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 28.368 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.482 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -40.227 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -35.839 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -34.143 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 43.838 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 24.295 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 402992.864 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1534.777 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 904.438 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 630.339 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 320237.418 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1138.161 \text{ mm} & K = -0.315 \\
ds1 &= dv - dc1 = 396.616 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 564990119251.1 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -2084616 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -2084616 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -2372630013 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -5.013 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -5.283 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -5.387 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -10.180 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 292652.269 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1245.444 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 289.333 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3128156 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3895941420 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 7.172 \text{ MPa}$$

$$fvrl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 7.615 \text{ MPa}$$

$$fv su2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 7.787 \text{ MPa}$$

$$fv sl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 15.657 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4170875 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3772295399 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -14.154 \text{ MPa}$$

$$frlt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \epsilon t = -13.726 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 11.640 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 19.261 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 76.649 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 235.806$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1464.883 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 34.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-108.685	99.505	190.000	190.000
1+2+3	-66.258	-59.031	160.000	-164.922	171.712	190.000	190.000
1+2+3+4	-71.271	-64.314	160.000	-170.309	161.531	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-64.098	-56.698	160.000	-162.523	177.189	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-78.253	-70.424	184.000	-150.882	196.450	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-49.944	-42.973	184.000	-174.163	157.928	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-170.309}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{76.649}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.803 + 0.486 = 1.289 > 1.2 \quad \text{N.G.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{177.189}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{76.649}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.870 + 0.486 = 1.355 > 1.2 \quad \text{N.G.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/99.505)} = 1.382 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 0.983) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/196.45)} = 0.983 < 1.2 \Rightarrow 0.983$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -26.031 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -66.258 - -26.031 = -40.227 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -26.031 + 2.15 \times -40.227 + (-5.013) + (7.172) + (-14.154)$$

$$= -132.323 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -26.031 + 2.15 \times -40.227 + (-14.154)$$

$$= -134.483 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -108.685 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -22.094 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -164.922 - -108.685 - -22.094 = -34.143 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-108.685 + -22.094) + 2.15 \times -34.143 + (-5.387) + (7.787) + (-11.64)$$

$$= -252.661 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-108.685 + -22.094) + 2.15 \times -34.143 + (-11.64)$$

$$= -255.061 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 99.505 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 28.368 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 171.712 - 99.505 - 28.368 = 43.839 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (99.505 + 28.368) + 2.15 \times 43.839 + (-10.18) + (15.657) + (19.261)$$

$$= 285.226 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

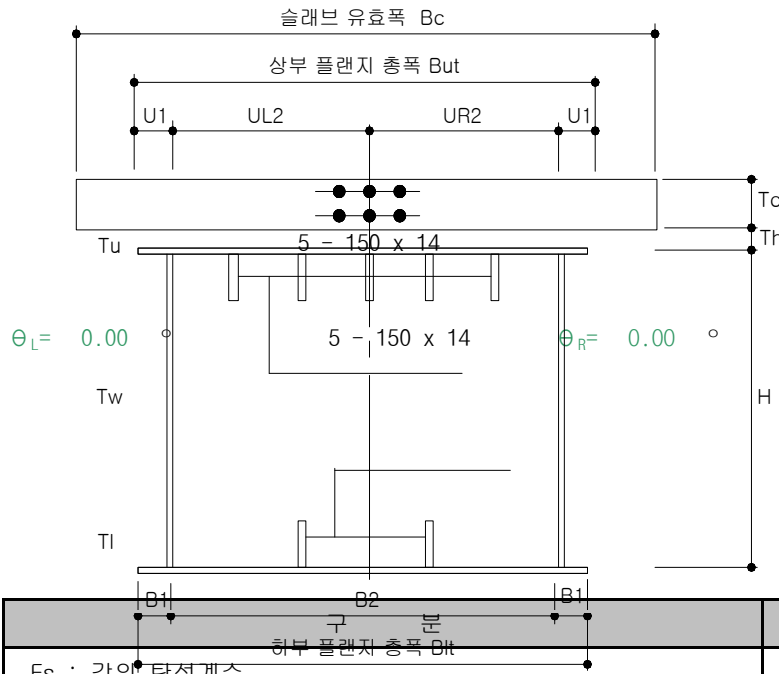
$$\Sigma f = 1.3 \times (99.505 + 28.368) + 2.15 \times 43.839 + (19.261)$$

$$= 279.749 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 8 > : 절점 58 로 부터 이격 거리 3.777 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 5.296 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , B1t= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.020 m
 Tl = 0.022 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

단 위	입력 DATA
Es : 강재의 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 -9559.012
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -2856.141
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m -5919.884
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN -1539.908
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN -476.556
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN -881.644
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m 34.908
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -2.699
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m 940.605
tcl,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm 60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

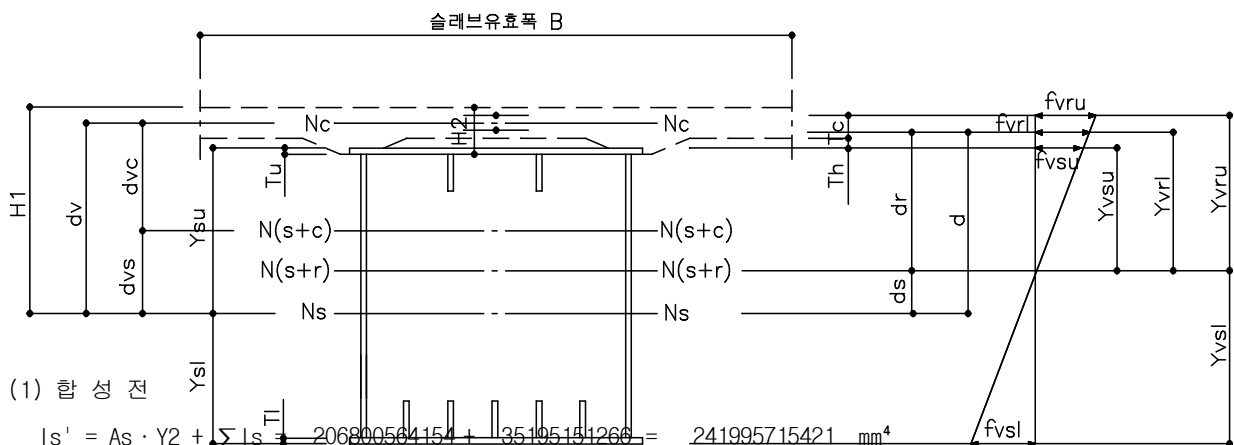
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다 면 제 워

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	2430.0	20.0	48601	1310.00	63666783	83403485129	1620020
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			185461		-6420139	206800564154	35195151266
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573342	48622946372	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28498016	39612242657	-
RE-BAR 합계			41004		60071358	88235189029	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 185461 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 206800564154 + 35195151266 = 241995715421 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -6420139 / 185461 = -34.617 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 241995715421 - 185461 \times (-34.617)^2 = 241773468549 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 20.0 - (-34.617) = 1354.617 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1354.617 - 2642.000 = -1287.383 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6583952.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -53.558 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 50.899 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 24.899 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 226466 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1499.617 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1228.093 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 271.524 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1303.093 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1153.093 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1083.093 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1558.907 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 317289921146 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6623202.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -11.730 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -10.380 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -9.750 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 14.033 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.654 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -24.313 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.514 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.208 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 29.086 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.046 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 350972.148 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1509.617 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 797.714 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 711.903 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 268216.701 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1043.841 \text{ mm} & K = -0.239 \\
ds1 &= dv - dc1 = 465.777 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 441950860832.6 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -853256 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -853256 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -890663790 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.893 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.994 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.041 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -4.814 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 240631.552 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1163.503 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 346.114 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3128156 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3639618184 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 10.240 \text{ MPa}$$

$$fvr12 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/lrv = 10.652 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 10.844 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/lrv = 18.087 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4170875 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3327166097 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -10.049 \text{ MPa}$$

$$fr1t = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/lrv - Es \cdot \epsilon t = -9.673 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 15.703 \text{ MPa}$$

$$fs1t = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/lrv = 22.324 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 52.565 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 209.736$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 613.325 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 22.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-53.558	50.899	190.000	190.000
1+2+3	-36.043	-31.894	160.000	-83.515	94.018	190.000	190.000
1+2+3+4	-38.936	-34.888	160.000	-86.556	89.204	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-28.696	-24.236	160.000	-75.713	107.291	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-38.744	-33.909	184.000	-60.010	129.615	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-18.647	-14.564	184.000	-91.415	84.967	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-86.556}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{52.565}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.208 + 0.228 = 0.436 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.615}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{52.565}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.352 + 0.228 = 0.580 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 6) = 5.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/50.899)} = 1.932 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/129.615)} = 1.211 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -11.730 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -36.043 - 11.73 = -24.313 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.73 + 2.15 \times -24.313 + (-2.893) + (10.24) + (-10.049)$$

$$= -70.223 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.73 + 2.15 \times -24.313 + (-10.049)$$

$$= -77.570 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -53.558 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.750 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -83.515 - 53.558 - 9.75 = -20.208 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-53.558 + -9.75) + 2.15 \times -20.208 + (-3.041) + (10.844) + (-15.703)$$

$$= -133.646 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-53.558 + -9.75) + 2.15 \times -20.208 + (-15.703)$$

$$= -141.449 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 50.899 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 14.033 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 94.018 - 50.899 - 14.033 = 29.086 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (50.899 + 14.033) + 2.15 \times 29.086 + (-4.814) + (18.087) + (22.324)$$

$$= 182.543 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

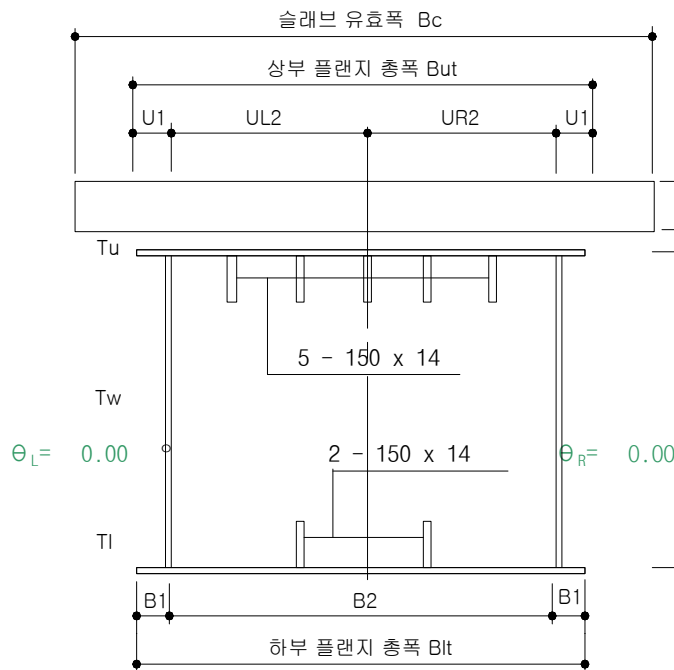
$$\Sigma f = 1.3 \times (50.899 + 14.033) + 2.15 \times 29.086 + (22.324)$$

$$= 169.270 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.8 SPLICE부의 응력검토

< S P L I C E - 1 > : 절점 47 로 부터 이격 거리 3.147 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	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	9356.514
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2933.572
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4726.195
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-957.918
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-298.033
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-627.930
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	141.283
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	62.521
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	905.132

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

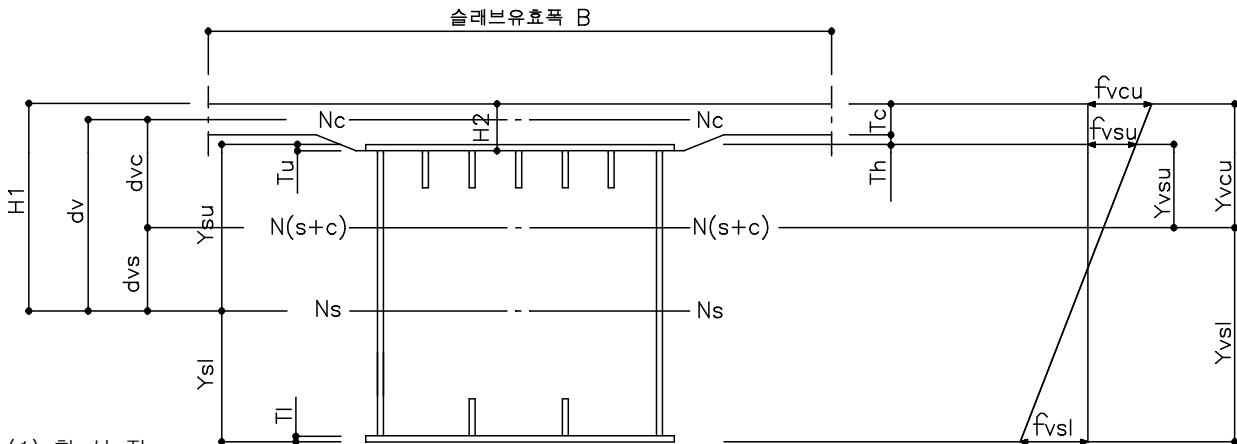
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 147300 mm² , Ac = 1562477.1 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 141893606100 + 35180568700.0 = 177074174800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 627300 / 147300 = 4.259 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 177074174800 - 147300 \times 4.259^2 = 177071503345 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 12.0 - 4.259 = 1307.741 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6563856.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 69.101 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -69.657 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 16.248 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342609.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$d_v = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.7 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 632.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 838.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 757.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 507.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 469.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2156.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 359723701331 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6603106.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.772 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.517 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.827 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -17.588 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.171 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.244 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.833 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 6.166 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -28.335 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 15.775 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 244954.8 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 884.4 \text{ mm} & K = 0.816 \\
ds1 &= dv - dc1 = 586.3 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1009.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 759.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 721.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1904.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 304603317691 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1007142 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1007142 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 890725540 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.772 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.517 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.364 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.147 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.833 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$f_{vsl1} = P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{vsl1} / I_{v1} = -0.433 \text{ MPa}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 212403.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1019.9 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 450.8 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c / 2 = 1144.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 894.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 856.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1769.1 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c / n_2 \cdot d_{c2}^2 = 275070573681.8 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3764986629 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot / n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.106 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.222 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 26.950 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = -2.379 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3112172659 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.536 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.757 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 17.679 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = -0.860 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 37.193 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f₁, f₂ : 부각된 파이 양여이 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	69.101	-69.657	148.183	190.000
1+2+3	2.016	1.350	10.800	10.800	79.095	-115.580	148.183	190.000
1+2+3+4	1.651	1.203	10.800	10.800	84.928	-116.013	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.546	-0.018	10.800	1.890	111.878	-118.393	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	0.010	-0.775	12.420	2.174	129.557	-119.253	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.082	0.738	12.420	12.420	94.199	-117.533	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.557}{192.638} \right)^2 + \left(\frac{37.193}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.452 + 0.114 = 0.567 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \text{#####} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-118.393}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{37.193}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.388 + 0.114 = 0.503 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/69.101)} = 1.658 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/129.557)} = 1.211 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.772 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.016 - 0.772 = 1.244 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.772 + 2.15 \times 1.244 + (-0.364) + (-1.106) + (0.536)$$

$$= 2.744 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.772 + 2.15 \times 1.244 + (0.536)$$

$$= 4.214 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 69.101 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.827 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 79.095 - 69.101 - 3.827 = 6.167 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (69.101 + 3.827) + 2.15 \times 6.167 + (5.833) + (26.95) + (17.679)$$

$$= 158.527 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (69.101 + 3.827) + 2.15 \times 6.167 + (17.679)$$

$$= 125.744 \text{ MPa} < f_v = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -69.657 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -17.588 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -115.58 - 69.657 - 17.588 = -28.335 \text{ MPa}$$

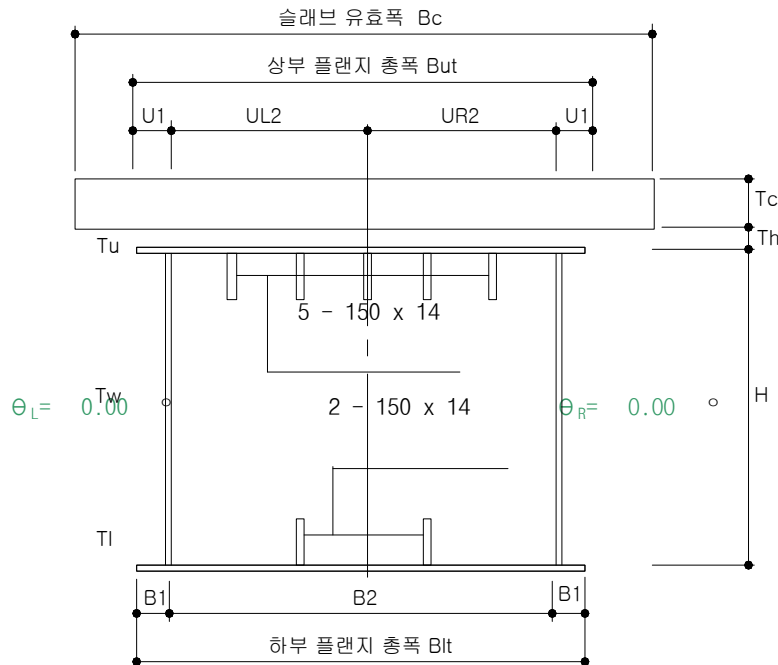
$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-69.657 + -17.588) + 2.15 \times -28.335 + (-0.433) + (-2.379) + (-0.86) \\ &= -178.012 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-69.657 + -17.588) + 2.15 \times -28.335 + (-0.86) \\ &= -175.199 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< S P L I C E - 2 > : 절점 49 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 6.250 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.016 m
 TI = 0.022 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 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 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	14991.803
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4677.849
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	7770.570
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-311.306
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-97.337
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-451.681
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	62.809
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	45.271
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	616.074

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

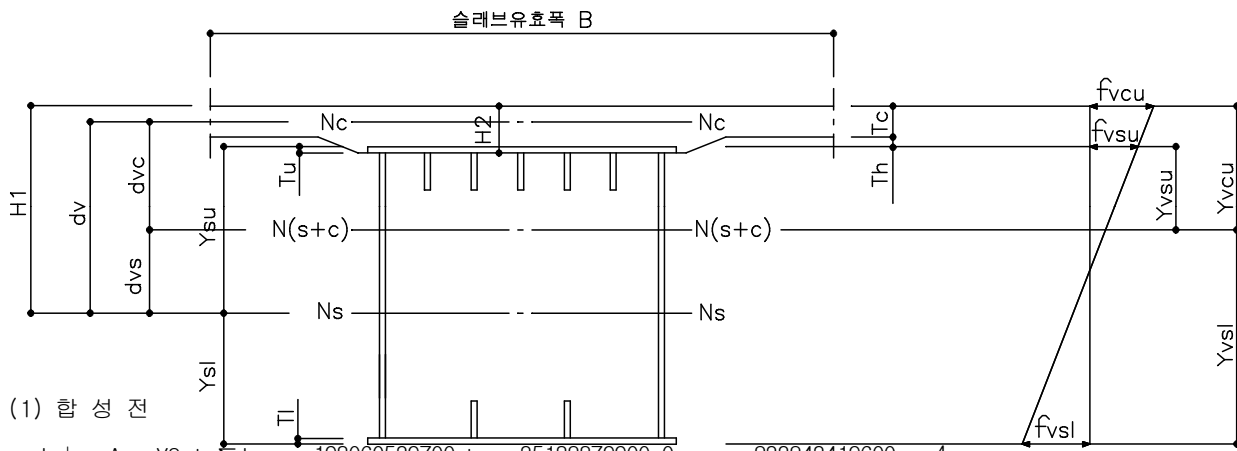
단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* $A_s = 179700 \text{ mm}^2$, $A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



$$I_{s'} = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -13650300 / 179700 = -75.962 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 233243419600 - 179700 \times (-75.962)^2 = 232206520935 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 16.0 - (-75.962) = 1391.962 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6578928.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 89.868 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -80.447 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 5.387 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 375009.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1551.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 743.2 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 807.8 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 868.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 618.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 584.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2053.8 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 458352741620 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6618178.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.108 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.789 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.962 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -20.961 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.845 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.840 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.310 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 9.904 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -34.819 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 11.117 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 277354.8 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1004.9 \quad \text{mm} & K = 0.605 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 546.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1129.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 879.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 845.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1792.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 384912852370 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1481415 \quad \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1481415 \quad \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 1488641561 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.108 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.789 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.609 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.326 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 7.320 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.148 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 244803.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1138.5 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 412.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1263.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 1013.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 979.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1658.5 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 347502612577.0 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 4202594437 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.349 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.425 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 22.246 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 2.944 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3657892215 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.835 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.986 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.945 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 3.208 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 18.349 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 182.0$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 324.403 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 182.038 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	89.868	-80.447	182.038	190.000
1+2+3	2.947	2.099	10.800	10.800	105.735	-136.226	182.038	190.000
1+2+3+4	2.339	1.773	10.800	10.800	113.055	-135.078	209.344	190.000
1+2+3+4+5	0.990	0.347	10.800	10.800	135.301	-132.134	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.154	-0.639	12.420	2.174	151.246	-128.926	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.825	1.334	12.420	12.420	119.356	-135.343	236.649	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{135.301}{209.344} \right)^2 + \left(\frac{18.349}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.418 + 0.028 = 0.446 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-136.226}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{18.349}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.514 + 0.028 = 0.542 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/89.868)} = 1.454 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.121) = 3.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/151.246)} = 1.121 < 1.2 \Rightarrow 1.121$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.108 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.947 - 1.108 = 1.840 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.108 + 2.15 \times 1.84 + (-0.609) + (-1.349) + (0.835) \\ = 4.273 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.108 + 2.15 \times 1.84 + (0.835) \\ = 6.231 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 89.868 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.962 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 105.735 - 89.868 - 5.962 = 9.904 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (89.868 + 5.962) + 2.15 \times 9.904 + (7.32) + (22.246) + (15.945) \\ = 191.385 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (89.868 + 5.962) + 2.15 \times 9.904 + (15.945) \\ = 161.819 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -80.447 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -20.961 \text{ MPa}$$

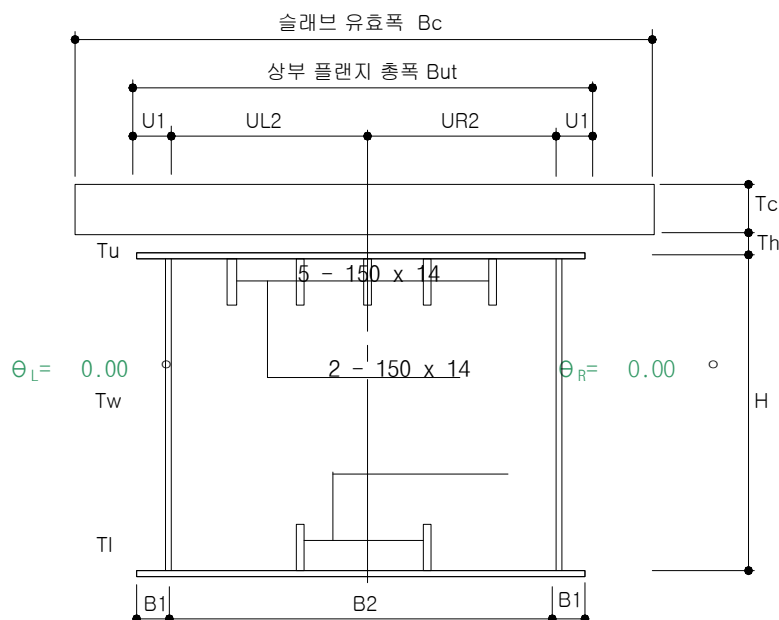
$$\text{합성후 활하중 응력} = -136.226 - 80.447 - 20.961 = -34.819 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-80.447 + -20.961) + 2.15 \times -34.819 + (1.148) + (2.944) + (-3.208) \\ &= -205.806 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-80.447 + -20.961) + 2.15 \times -34.819 + (-3.208) \\ &= -209.899 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B


$$H = 2.600 \text{ m}$$
$$B_c = 6.250 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

$$B_{ut} = 2.700 \quad , \quad B_{lt} = 2.700 \quad m$$

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

$$T_C = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.016 \text{ m}$$
$$Tl = 0.022 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.100 \text{ m}$$

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

하부 슬래브 시 종속변수	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	13913.565
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	4380.288
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	8578.333
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	501.836
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	149.907
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	461.081
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-80.025
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-20.900
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-517.540

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

다 목	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	I x(mm ⁴)

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 618.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 584.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2053.8 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 458352741620 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6618178.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.037 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.738 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.583 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -19.627 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.534 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.031 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.446 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 10.934 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -38.438 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.647 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 277354.8 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1004.9 \quad \text{mm} & K = 0.333 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 546.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1129.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 879.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 845.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1792.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 384912852370 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1387181 \quad \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1387181 \quad \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = 1393948109 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.037 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.738 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.639 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.360 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 6.022 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.840 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 244803.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1138.5 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 412.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1263.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 1013.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 979.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1658.5 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 347502612577.0 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 4202594437 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.522 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.564 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 19.023 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 8.400 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3657892215 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.071 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.154 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.677 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 7.666 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 21.730 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 182.0$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 324.403 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 182.038 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	83.405	-74.661	182.038	190.000
1+2+3	3.068	2.185	10.800	10.800	99.921	-132.727	182.038	190.000
1+2+3+4	2.429	1.825	10.800	10.800	105.943	-129.886	209.344	190.000
1+2+3+4+5	0.907	0.261	10.800	10.800	124.967	-121.487	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.164	-0.893	2.174	2.174	139.644	-113.820	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.978	1.415	12.420	12.420	110.290	-129.153	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{124.967}{209.344} \right)^2 + \left(\frac{21.730}{110.000} \right)^2 = 0.356 + 0.039 = 0.395 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-132.727}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{21.730}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.488 + 0.039 = 0.527 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/83.405)} = 1.509 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.166) = 3.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/139.644)} = 1.166 < 1.2 \Rightarrow 1.166$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.037 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.068 - 1.037 = 2.031 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.037 + 2.15 \times 2.031 + (-0.639) + (-1.522) + (1.071) = 4.625 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.037 + 2.15 \times 2.031 + (1.071) = 6.786 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 83.405 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.583 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 99.921 - 83.405 - 5.583 = 10.934 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.405 + 5.583) + 2.15 \times 10.934 + (6.022) + (19.023) + (14.677) = 178.913 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.405 + 5.583) + 2.15 \times 10.934 + (14.677) = 153.868 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -74.661 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -19.627 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -132.727 - (-74.661) - (-19.627) = -38.438 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-74.661 + -19.627) + 2.15 \times -38.438 + (2.84) + (8.4) + (-7.666)$$

$$= -201.644 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

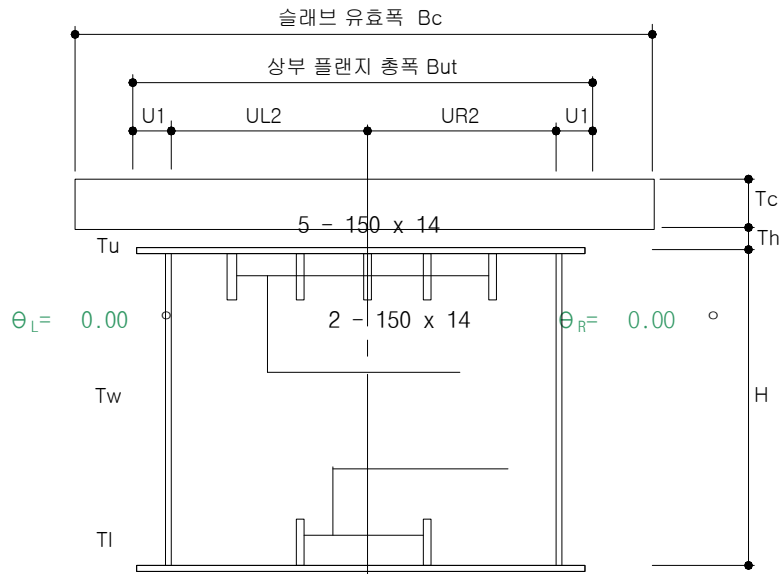
$$\Sigma f = 1.3 \times (-74.661 + -19.627) + 2.15 \times -38.438 + (-7.666)$$

$$= -212.884 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< S P L I C E - 4 > : 절점 53 로 부터 이격 거리 3.147 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 6.250 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 Tl = 0.014 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

단 위	입력 DATA
Es : 강재의 탄성계수 하부 플랜지 총폭 Blt	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 크리이프 계수	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃ 10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m 5113.214
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m 1719.034
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m 6543.002
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN 1221.193
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN 373.864
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN 665.509
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -175.452
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -50.765
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m -727.524

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

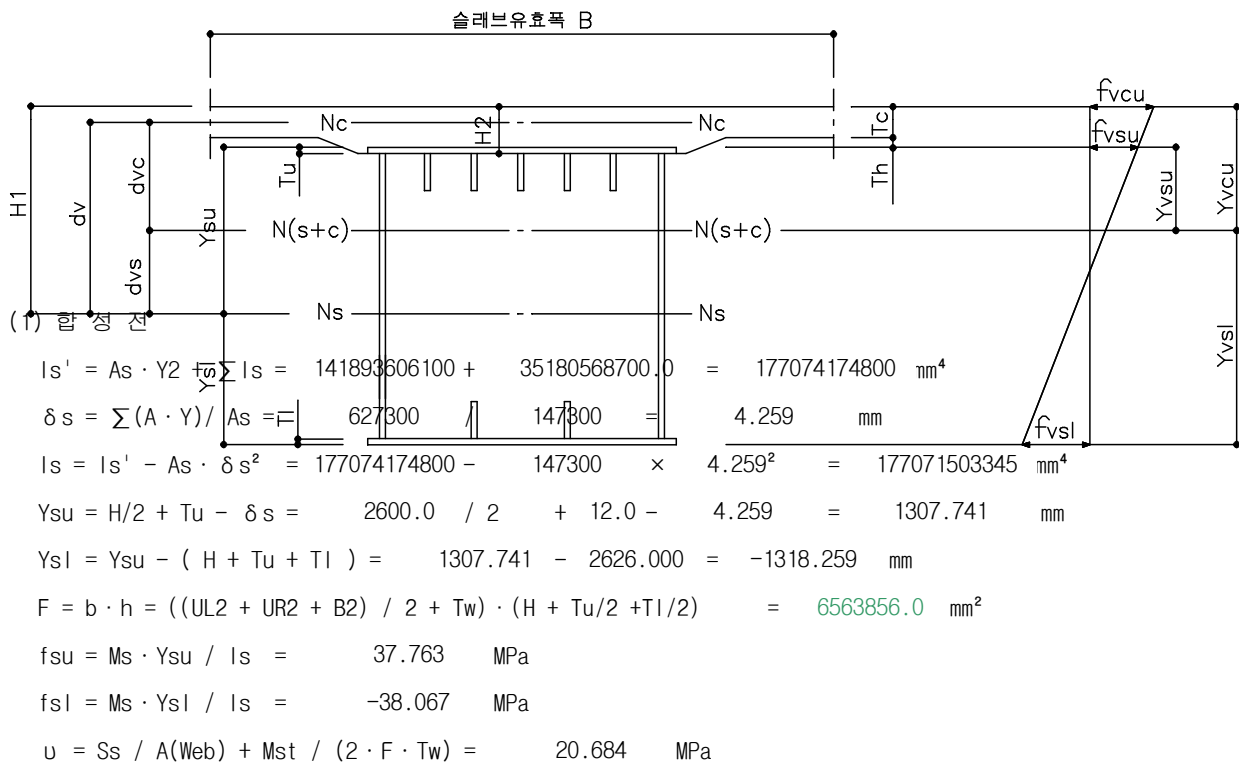
단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* $A_s = 147300 \text{ mm}^2$, $A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342609.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.7 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 632.3 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 838.4 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 757.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 507.3 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 469.3 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2156.7 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 359723701331 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6603106.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.452 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.303 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.243 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -10.306 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.312 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.722 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.153 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.537 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -39.228 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.256 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 244954.8 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 884.4 \quad \text{mm} & K = 0.092 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 586.3 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1009.4 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 759.4 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 721.4 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1904.6 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304603317691 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 590172 \quad \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 590172 \quad \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = 521953267 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.452 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.303 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.292 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.145 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.523 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.109 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 212403.211 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1019.9 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 450.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1144.9 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 894.9 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 856.9 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1769.1 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 275070573681.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3691352 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3764986629 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.578 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.591 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 18.458 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 15.151 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4921803 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3112172659 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.129 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.154 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.739 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.649 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msc+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 42.252 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	37.763	-38.067	148.183	190.000
1+2+3	2.174	1.457	10.800	10.800	48.542	-87.601	148.183	190.000
1+2+3+4	1.882	1.312	10.800	10.800	51.065	-85.492	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.304	-0.280	10.800	1.890	69.523	-70.340	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.825	-1.434	2.174	2.174	84.263	-57.691	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.433	0.874	12.420	12.420	54.784	-82.989	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{84.263}{192.638} \right)^2 + \left(\frac{42.252}{110.000} \right)^2 = 0.191 + 0.148 = 0.339 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-87.601}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{42.252}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.213 + 0.148 = 0.360 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/37.763)} = 2.243 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/84.263)} = 1.502 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.452 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.174 - 0.452 = 1.722 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.452 + 2.15 \times 1.722 + (-0.292) + (-1.578) + (1.129)$$

$$= 3.549 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.452 + 2.15 \times 1.722 + (1.129)$$

$$= 5.419 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 37.763 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.243 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 48.542 - 37.763 - 2.243 = 8.537 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (37.763 + 2.243) + 2.15 \times 8.537 + (2.523) + (18.458) + (14.739)$$

$$= 106.081 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (37.763 + 2.243) + 2.15 \times 8.537 + (14.739)$$

$$= 85.100 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -38.067 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsI} = -10.306 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -87.601 - (-38.067) - (-10.306) = -39.227 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-38.067 + -10.306) + 2.15 \times -39.227 + (2.109) + (15.151) + (-12.649) \\ &= -142.613 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-38.067 + -10.306) + 2.15 \times -39.227 + (-12.649) \\ &= -159.873 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

$$H = 2.600 \text{ m}$$
$$B_c = 6.150 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

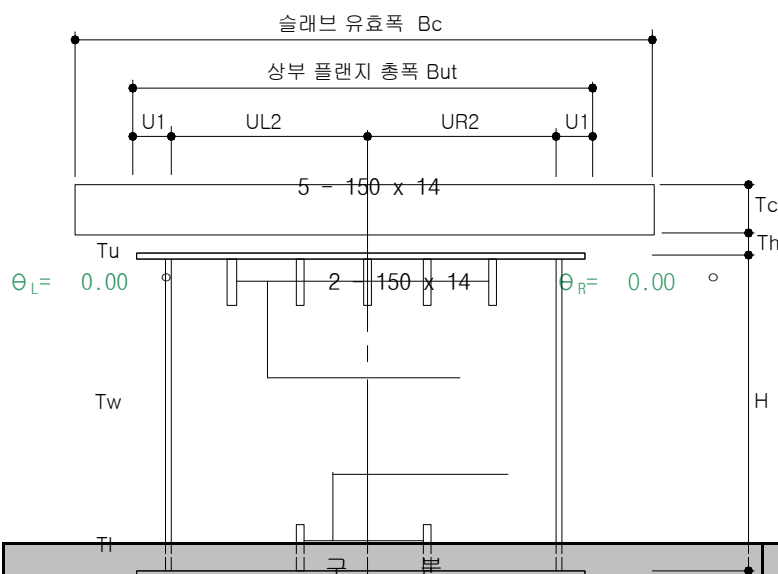
$$B_{ut} = 2.700 \quad , \quad B_{lt} = 2.700 \quad m$$

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.012 \text{ m}$$
$$Tl = 0.014 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.100 \text{ m}$$
$$B1 = 0.100 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



단 위		입력 DATA
Es : 강재의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축을		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	4810.730
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1641.695
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6410.513
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-495.089
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-152.249
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-544.121
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	54.676
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	2.269
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	542.407

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

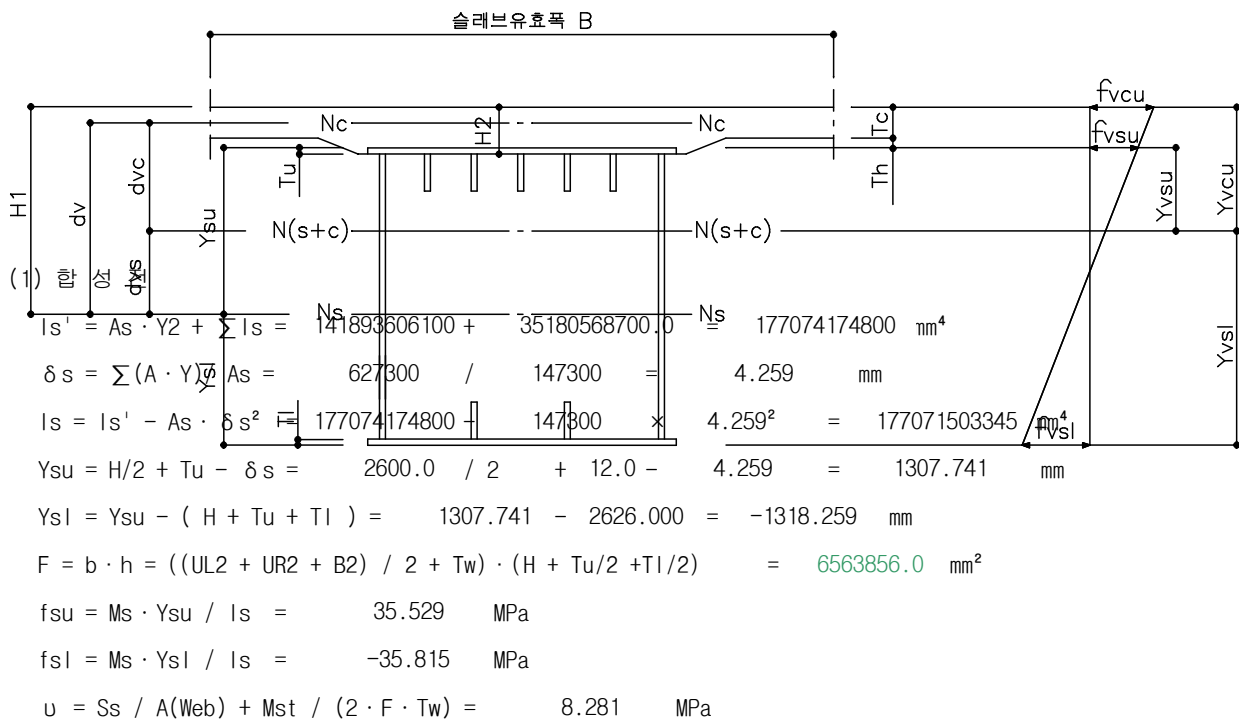
단 면 제 원

다	여	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	I _x (mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* $A_s = 147300 \text{ mm}^2$, $A_c = 1537575.8 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 339497.0 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1001025884 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.7 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 638.1 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 832.6 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 763.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 513.1 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 475.1 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2150.9 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 358451532530 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6603106.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.437 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.294 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.176 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -9.851 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.454 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.706 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.147 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.497 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -38.466 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.143 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 243398.5 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 890.1 \quad \text{mm} & K = -0.113 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 580.7 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1015.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 765.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 727.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1898.9 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 303370098093 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 561709 \quad \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 561709 \quad \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 499957276 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.437 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.294 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.304 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.158 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.172 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.661 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 211365.657 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1025.0 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 445.8 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1150.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 900.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 862.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1764.0 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 273980510084.7 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3632523 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3723170845 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.720 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.704 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.862 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 19.895 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4843364 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3090652820 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.310 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.279 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.803 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 16.362 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \quad 22.878 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	35.529	-35.815	148.183	190.000
1+2+3	2.143	1.441	10.800	10.800	46.202	-84.132	148.183	190.000
1+2+3+4	1.838	1.282	10.800	10.800	48.375	-81.470	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.118	-0.422	10.800	1.890	64.237	-61.576	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.191	-1.701	2.174	2.174	78.040	-45.214	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.428	0.858	12.420	12.420	50.434	-77.938	192.638	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{78.040}{192.638} \right)^2 + \left(\frac{22.878}{110.000} \right)^2 = 0.164 + 0.043 = 0.207 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-84.132}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.878}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.196 + 0.043 = 0.239 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/35.529)} = 2.313 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.04)} = 1.560 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.437 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.143 - 0.437 = 1.706 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.437 + 2.15 \times 1.706 + (-0.304) + (-1.72) + (1.31) \\ = 3.521 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.437 + 2.15 \times 1.706 + (1.31) \\ = 5.545 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 35.529 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.176 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 46.202 - 35.529 - 2.176 = 8.497 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (35.529 + 2.176) + 2.15 \times 8.497 + (2.172) + (15.862) + (13.803) \\ = 99.123 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (35.529 + 2.176) + 2.15 \times 8.497 + (13.803) \\ = 81.089 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -35.815 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -9.851 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -84.132 - (-35.815) - (-9.851) = -38.466 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-35.815 + -9.851) + 2.15 \times -38.466 + (2.661) + (19.895) + (-16.362) \\ &= -135.873 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-35.815 + -9.851) + 2.15 \times -38.466 + (-16.362) \\ &= -158.429 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

$$H = 2.600 \text{ m}$$
$$B_c = 6.150 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

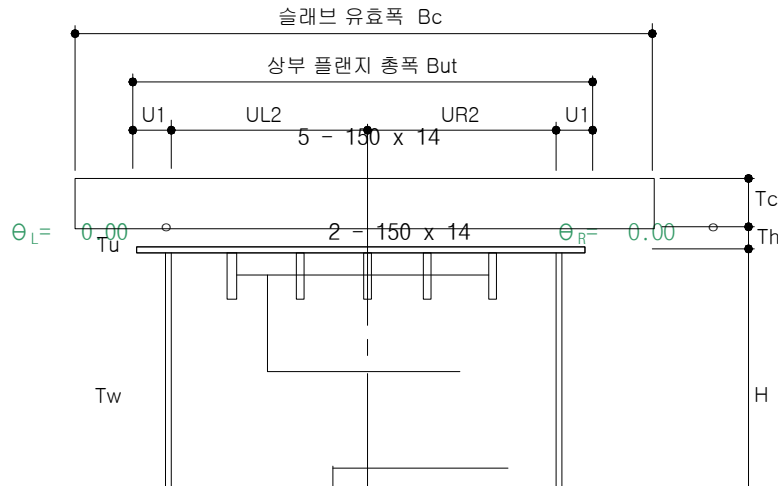
But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.010 \text{ m}$$
$$Tl = 0.012 \text{ m}$$
$$T_w = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.100 \text{ m}$$
$$B1 = 0.100 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



	단 위	입력 DATA
Es : 강-탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 간조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4872.019
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1585.964
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6141.050
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	486.828
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	160.221
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	597.505
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-55.592
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-2.004
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-628.327

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

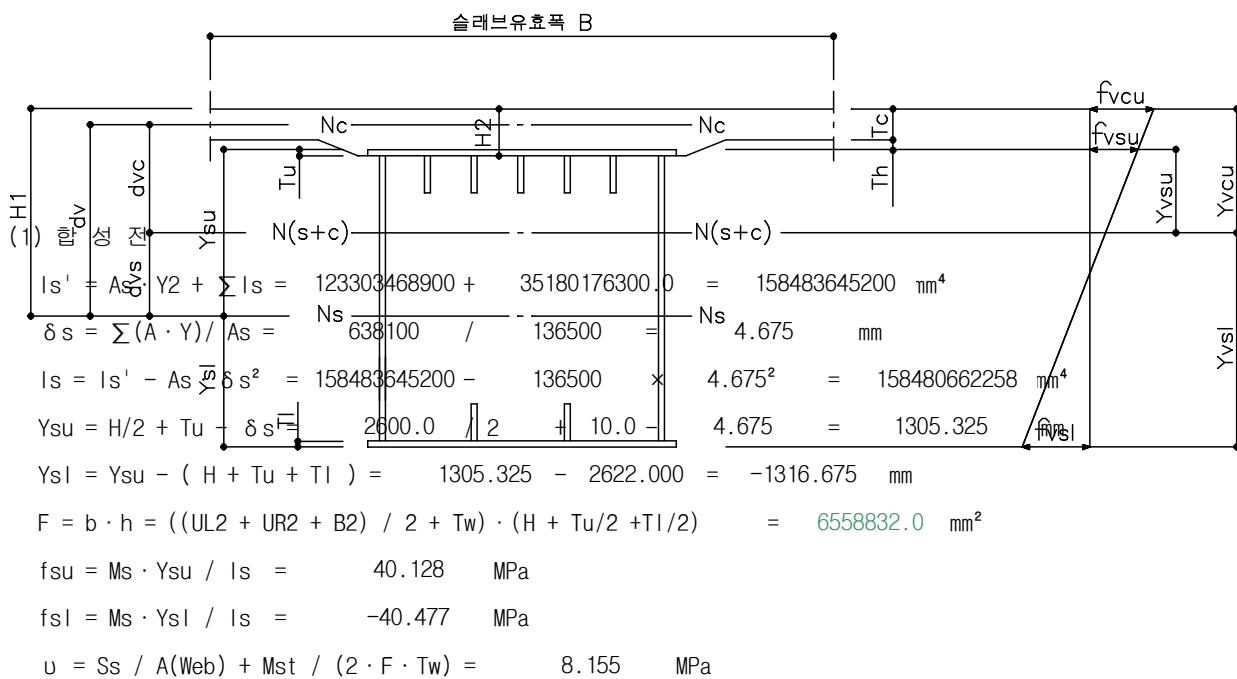
단 면 제 원

구 명	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	I x (mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	10.0	27000	1305.0	35235000	45981675000	225000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	12.0	32400	-1306.0	-42314400	55262606400	388800
강단면 합계			136500		638100	1.23303E+11	35180176300
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* As = 136500 mm² , Ac = 1537575.8 mm²

2) 응 력 검 토



(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 328697.0 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1001025884 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.3 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 610.6 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 859.7 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 735.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 485.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 445.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2176.4 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 332029848210 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6598082.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.439 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.290 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.128 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -10.396 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.580 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.701 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.123 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.241 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -40.254 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.543 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 232598.5 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 862.9 \quad \text{mm} & K = 0.007 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 607.5 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 987.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 737.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 697.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1924.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 280899547492 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 560548 \quad \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 560548 \quad \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 483673508 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.439 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.290 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.288 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.139 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.418 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.387 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 200565.657 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1000.7 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 469.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1125.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 875.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 835.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1786.3 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 253074505372.8 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3632523 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3634945007 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.603 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.604 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 18.195 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 17.932 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4843364 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 2957314078 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.152 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.154 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.763 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 14.599 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \cdot 24.278 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 121.1$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 126.720 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 10.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 121.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	40.128	-40.477	121.100	190.000
1+2+3	2.140	1.413	10.800	10.800	50.498	-91.127	121.100	190.000
1+2+3+4	1.852	1.274	10.800	10.800	52.917	-88.740	139.265	190.000
1+2+3+4+5	0.249	-0.330	10.800	1.890	71.112	-70.808	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.904	-1.485	2.174	2.174	85.875	-56.209	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	1.401	0.824	12.420	12.420	56.349	-85.408	157.430	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{85.875}{157.430} \right)^2 + \left(\frac{24.278}{110.000} \right)^2 = 0.298 + 0.049 = 0.346 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-91.127}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.278}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.230 + 0.049 = 0.279 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/40.128)} = 2.176 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/85.875)} = 1.487 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.439 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.14 - 0.439 = 1.701 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.439 + 2.15 \times 1.701 + (-0.288) + (-1.603) + (1.152) \\ = 3.489 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.439 + 2.15 \times 1.701 + (1.152) \\ = 5.380 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.128 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.128 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 50.498 - 40.128 - 2.128 = 8.242 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.128 + 2.128) + 2.15 \times 8.242 + (2.418) + (18.195) + (14.763) \\ = 108.030 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.128 + 2.128) + 2.15 \times 8.242 + (14.763) \\ = 87.416 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -40.477 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -10.396 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -91.127 - (-40.477) - (-10.396) = -40.254 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.477 + -10.396) + 2.15 \times -40.254 + (2.387) + (17.932) + (-14.599)$$

$$= -146.961 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.477 + -10.396) + 2.15 \times -40.254 + (-14.599)$$

$$= -167.280 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< S P L I C E - 11 > : 절점 71 로 부터 이격 거리 3.147 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.150 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.010 m

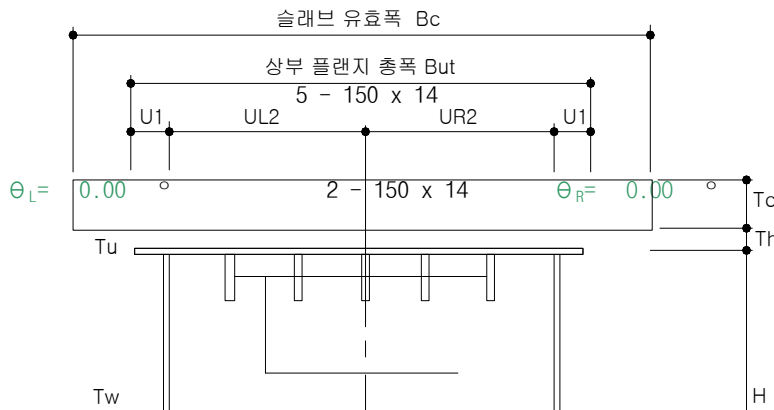
TI = 0.012 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구분	단 위	입력 DATA
Es : 강재의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4871.829
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1586.105
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6142.135
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-486.897
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-160.250
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-597.554
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	56.365
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	2.216
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	628.642

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	10.0	27000	1305.0	35235000	45981675000	225000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	12.0	32400	-1306.0	-42314400	55262606400	388800
강단면 합계			136500		638100	1.23303E+11	35180176300
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* As = 136500 mm² , Ac = 1537575.8 mm²

2) 응 력 검 토

슬래브유효폭 B

(1) 합 성 후

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2^2 + \sum I_s = 23303468900 + 35180176300.0 = 58483645200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum A \cdot Y}{A_s} = \frac{638100}{136500} = 4.675 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 58483645200 - 136500 \times 4.675^2 = 58480662258 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u = 2600.0 / 2 + 10.0 = 1305.325 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u - T_l) = 1305.325 - 2622.000 = -1316.675 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6558832.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 40.127 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -40.476 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.161 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 328697.0 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1001025884 \text{ mm}^4$$

$$d_v = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.3 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 610.6 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 859.7 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + T_c/2 = 735.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 485.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 445.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2176.4 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 332029848210 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6598082.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.439 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.290 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.129 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -10.397 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.582 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.701 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.123 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.243 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -40.261 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.546 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 232598.5 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 862.9 \quad \text{mm} & K = 0.007 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 607.5 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 987.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 737.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 697.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1924.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 280899547492 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 560598 \quad \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 560598 \quad \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 483716509 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.439 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.290 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.288 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.139 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.419 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.387 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 200565.657 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1000.7 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 469.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1125.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 875.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 835.7 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1786.3 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 253074505372.8 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3632523 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3634945007 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.603 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.604 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 18.195 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 17.932 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4843364 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 2957314078 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.152 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.154 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.763 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 14.599 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 24.289 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 121.1$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 126.720 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 10.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 121.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	40.127	-40.476	121.100	190.000
1+2+3	2.140	1.413	10.800	10.800	50.498	-91.133	121.100	190.000
1+2+3+4	1.852	1.274	10.800	10.800	52.917	-88.746	139.265	190.000
1+2+3+4+5	0.249	-0.330	10.800	1.890	71.112	-70.814	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.903	-1.484	2.174	2.174	85.875	-56.215	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	1.402	0.824	12.420	12.420	56.349	-85.414	157.430	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{85.875}{157.430} \right)^2 + \left(\frac{24.289}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.298 + 0.049 = 0.346 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-91.133}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.289}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.230 + 0.049 = 0.279 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/40.127)} = 2.176 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/85.875)} = 1.487 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.439 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.14 - 0.439 = 1.701 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.439 + 2.15 \times 1.701 + (-0.288) + (-1.603) + (1.152) \\ = 3.489 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.439 + 2.15 \times 1.701 + (1.152) \\ = 5.380 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.127 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.129 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 50.498 - 40.127 - 2.129 = 8.243 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.127 + 2.129) + 2.15 \times 8.243 + (2.419) + (18.195) + (14.763) \\ = 108.031 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.127 + 2.129) + 2.15 \times 8.243 + (14.763) \\ = 87.417 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -40.476 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -10.397 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -91.133 - 40.476 - 10.397 = -40.261 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-40.476 + -10.397) + 2.15 \times -40.261 + (2.387) + (17.932) + (-14.599) \\ &= -146.975 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-40.476 + -10.397) + 2.15 \times -40.261 + (-14.599) \\ &= -167.294 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< S P L I C E - 12 > : 절점 74 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.150 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

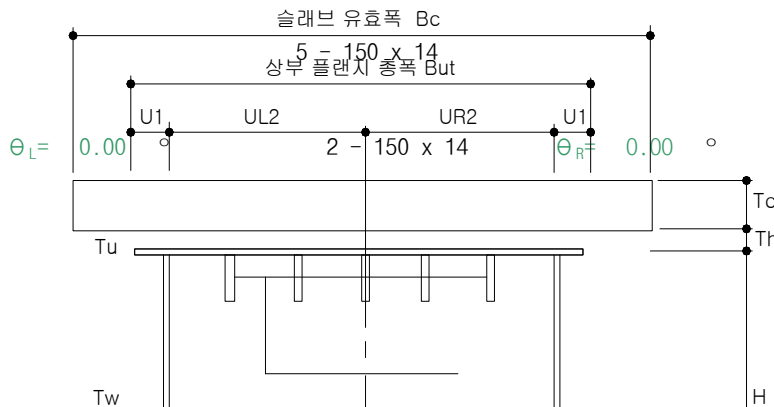
TI = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구분	단위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4811.246
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1642.134
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6411.028
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	495.052
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	152.231
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	544.131
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-54.104
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-2.097
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-542.184

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* As = 147300 mm² , Ac = 1537575.8 mm²

2) 응 력 검 토

슬래브유효폭 B

(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 141893606400 + 35180568700.0 = 177074174800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum (A \cdot Y^2)}{A_s} = \frac{N(s+c)}{A_s} = \frac{627300}{147300} = 4.259 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 177074174800 - 147300 \times 4.259^2 = 177071503345 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 12.0 - 4.259 = 1307.741 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (T_u + T_l) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL/2 + UR/2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6563856.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 35.533 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -35.819 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.277 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 339497.0 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1001025884 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.7 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 638.1 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 832.6 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 763.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcI} &= Y_{vcu} - T_c = 513.1 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 475.1 \text{ mm} \\
Y_{vsI} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2150.9 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 358451532530 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6603106.0 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.437 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.294 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.177 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_{sc} \cdot Y_{vsI} / I_v = -9.854 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.453 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.706 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_v \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 1.147 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.498 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_v \cdot Y_{vsI} / I_v = -38.469 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.141 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 243398.5 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 890.1 \text{ mm} & K = -0.113 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 580.7 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1015.1 \text{ mm} \\
Y_{v1cI} &= Y_{v1cu} - T_c = 765.1 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 727.1 \text{ mm} \\
Y_{v1sI} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1898.9 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 303370098093 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 561860 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 561860 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 500090968 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.437 \text{ MPa} \\
f_{cI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.294 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.305 \text{ MPa} \\
f_{vcI1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cI} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cI} \cdot \phi_1 / E_c = -0.158 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.173 \text{ MPa} \\
f_{vsI1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sI} / I_{v1} = 2.662 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 211365.657 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1025.0 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 445.8 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1150.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 900.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 862.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1764.0 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 273980510084.7 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3632523 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3723170845 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.720 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.704 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.862 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 19.895 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4843364 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3090652820 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.310 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.279 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.803 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 16.362 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \quad 22.871 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	35.533	-35.819	148.183	190.000
1+2+3	2.143	1.441	10.800	10.800	46.207	-84.141	148.183	190.000
1+2+3+4	1.839	1.283	10.800	10.800	48.380	-81.479	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.119	-0.421	10.800	1.890	64.243	-61.585	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.191	-1.701	2.174	2.174	78.046	-45.223	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.428	0.858	12.420	12.420	50.439	-77.946	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{78.046}{192.638} \right)^2 + \left(\frac{22.871}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.164 + 0.043 = 0.207 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-84.141}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.871}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.196 + 0.043 = 0.239 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/35.533)} = 2.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.046)} = 1.560 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.437 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.143 - 0.437 = 1.706 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.437 + 2.15 \times 1.706 + (-0.305) + (-1.72) + (1.31)$$

$$= 3.521 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.437 + 2.15 \times 1.706 + (1.31)$$

$$= 5.546 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 35.533 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.177 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 46.207 - 35.533 - 2.177 = 8.498 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (35.533 + 2.177) + 2.15 \times 8.498 + (2.173) + (15.862) + (13.803)$$

$$= 99.131 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (35.533 + 2.177) + 2.15 \times 8.498 + (13.803)$$

$$= 81.096 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -35.819 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -9.854 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -84.141 - (-35.819) - (-9.854) = -38.469 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-35.819 + -9.854) + 2.15 \times -38.469 + (2.662) + (19.895) + (-16.362) \\ &= -135.887 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-35.819 + -9.854) + 2.15 \times -38.469 + (-16.362) \\ &= -158.444 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< S P L I C E - 15 > : 절점 82 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

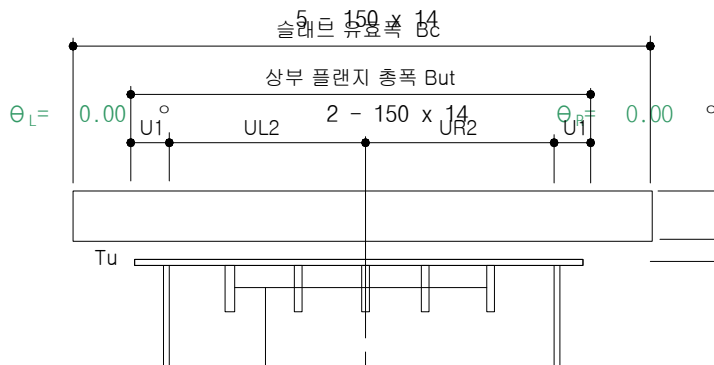
TI = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구분	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
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	5111.937
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1719.118
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	6544.051
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1221.239
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-373.869
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-665.550
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	175.597
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	50.996
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	728.037

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* $A_s = 147300 \text{ mm}^2$, $A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토

슬래브유효폭 B

(1) 합 성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_{s_i} = 141893606100 + 35180568700.0 = 177074174800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum (A \cdot Y)}{A_s} = \frac{627300}{147300} = 4.259 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 177074174800 - 147300 \times 4.259^2 = 177071503345 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = \frac{H}{2} + T_u - \delta s = \frac{2600.0}{2} + 12.0 - 4.259 = 1307.741 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((U_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6563856.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 37.754 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -38.057 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 20.686 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342609.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_c/2 = 1470.7 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 632.3 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 838.4 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 757.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 507.3 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 469.3 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2156.7 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 359723701331 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6603106.0 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.452 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.303 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.243 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -10.307 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.313 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.722 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.154 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.538 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -39.234 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.260 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 244954.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 884.4 \text{ mm} & K = 0.092 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 586.3 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1009.4 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 759.4 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 721.4 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1904.6 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304603317691 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 590201 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 590201 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 521978772 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.452 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.303 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.292 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.145 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.523 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.109 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 212403.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1019.9 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 450.8 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1144.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 894.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 856.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1769.1 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 275070573681.8 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3764986629 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.578 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.591 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 18.458 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 15.151 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3112172659 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.129 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.154 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.739 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.649 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 42.259 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	37.754	-38.057	148.183	190.000
1+2+3	2.175	1.457	10.800	10.800	48.534	-87.598	148.183	190.000
1+2+3+4	1.883	1.312	10.800	10.800	51.058	-85.489	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.304	-0.280	10.800	1.890	69.516	-70.338	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.825	-1.434	2.174	2.174	84.255	-57.688	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.433	0.874	12.420	12.420	54.776	-82.987	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{84.255}{192.638} \right)^2 + \left(\frac{42.259}{110.000} \right)^2 = 0.191 + 0.148 = 0.339 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-87.598}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{42.259}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.213 + 0.148 = 0.360 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/37.754)} = 2.243 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/84.255)} = 1.502 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.452 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.175 - 0.452 = 1.722 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.452 + 2.15 \times 1.722 + (-0.292) + (-1.578) + (1.129) = 3.550 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.452 + 2.15 \times 1.722 + (1.129) = 5.420 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 37.754 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.243 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 48.534 - 37.754 - 2.243 = 8.538 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (37.754 + 2.243) + 2.15 \times 8.538 + (2.523) + (18.458) + (14.739) = 106.072 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (37.754 + 2.243) + 2.15 \times 8.538 + (14.739) = 85.091 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -38.057 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -10.307 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -87.598 - (-38.057) - (-10.307) = -39.234 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-38.057 + -10.307) + 2.15 \times -39.234 + (2.109) + (15.151) + (-12.649) \\ &= -142.615 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-38.057 + -10.307) + 2.15 \times -39.234 + (-12.649) \\ &= -159.876 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< S P L I C E - 16 > : 절점 84 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

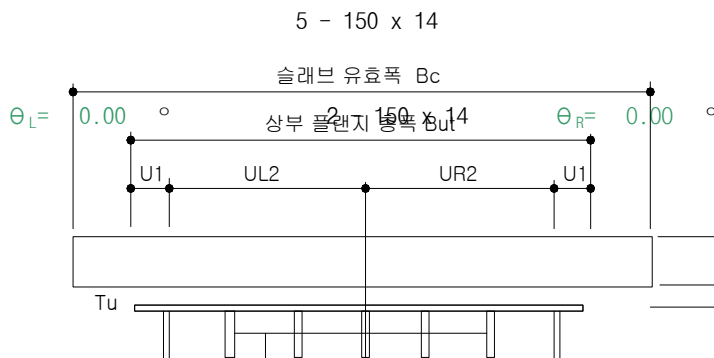
TI = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구분	단 위	입력 DATA
Es : 강재의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2 : 건조수축에 의한 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	13913.003
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4380.418
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	8579.228
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-501.851
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-149.894
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-461.140
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	77.729
Msc t : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	20.381
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	516.906

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* $A_s = 179700 \text{ mm}^2$, $A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토

슬래브유효폭 B

(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \frac{198060539700}{N_c} + \frac{35182879900.0}{N_c} = \frac{233243419600}{N_c} \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum (A \cdot Y)}{A_s} = \frac{13650300}{179700} = -75.962 \text{ mm}$$

$$I_s = \sum I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \frac{233243419600}{N_c} - 179700 \times (-75.962)^2 = \frac{232206520935}{N_c} \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = \frac{H}{2} + T_u - \delta s = \frac{2600.0}{2} + 16.0 - (-75.962) = 1391.962 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6578928.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 83.401 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 74.658 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.535 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 375009.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1551.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 743.2 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 807.8 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 868.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 618.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 584.2 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2053.8 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 458352741620 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6618178.0 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.037 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.739 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 5.583 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -19.628 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.530 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.031 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.446 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 10.935 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -38.442 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.644 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 277354.8 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1004.9 \quad \text{mm} & K = 0.333 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 546.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1129.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 879.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 845.9 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1792.1 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 384912852370 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1387222 \quad \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1387222 \quad \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 1393989479 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.037 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.739 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.639 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.360 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 6.022 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 2.840 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 244803.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1138.5 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 412.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1263.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 1013.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 979.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1658.5 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 347502612577.0 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 4202594437 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.522 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.564 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 19.023 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 8.400 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3657892215 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.071 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.154 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.677 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 7.666 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 21.710 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 182.0$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 324.403 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 182.038 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	83.401	-74.658	182.038	190.000
1+2+3	3.068	2.185	10.800	10.800	99.919	-132.728	182.038	190.000
1+2+3+4	2.429	1.825	10.800	10.800	105.941	-129.888	209.344	190.000
1+2+3+4+5	0.907	0.261	10.800	10.800	124.965	-121.488	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.164	-0.893	2.174	2.174	139.642	-113.822	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.978	1.415	12.420	12.420	110.288	-129.155	236.649	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{124.965}{209.344} \right)^2 + \left(\frac{21.710}{110.000} \right)^2 = 0.356 + 0.039 = 0.395 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-132.728}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{21.710}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.488 + 0.039 = 0.527 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/83.401)} = 1.509 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.166) = 3.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/139.642)} = 1.166 < 1.2 \Rightarrow 1.166$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.037 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.068 - 1.037 = 2.031 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.037 + 2.15 \times 2.031 + (-0.639) + (-1.522) + (1.071)$$

$$= 4.625 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.037 + 2.15 \times 2.031 + (1.071)$$

$$= 6.787 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 83.401 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.583 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 99.919 - 83.401 - 5.583 = 10.935 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.401 + 5.583) + 2.15 \times 10.935 + (6.022) + (19.023) + (14.677)$$

$$= 178.912 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.401 + 5.583) + 2.15 \times 10.935 + (14.677)$$

$$= 153.867 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -74.658 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -19.628 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -132.728 - (-74.658) - (-19.628) = -38.442 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-74.658 + -19.628) + 2.15 \times -38.442 + (2.84) + (8.4) + (-7.666) \\ &= -201.649 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-74.658 + -19.628) + 2.15 \times -38.442 + (-7.666) \\ &= -212.889 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

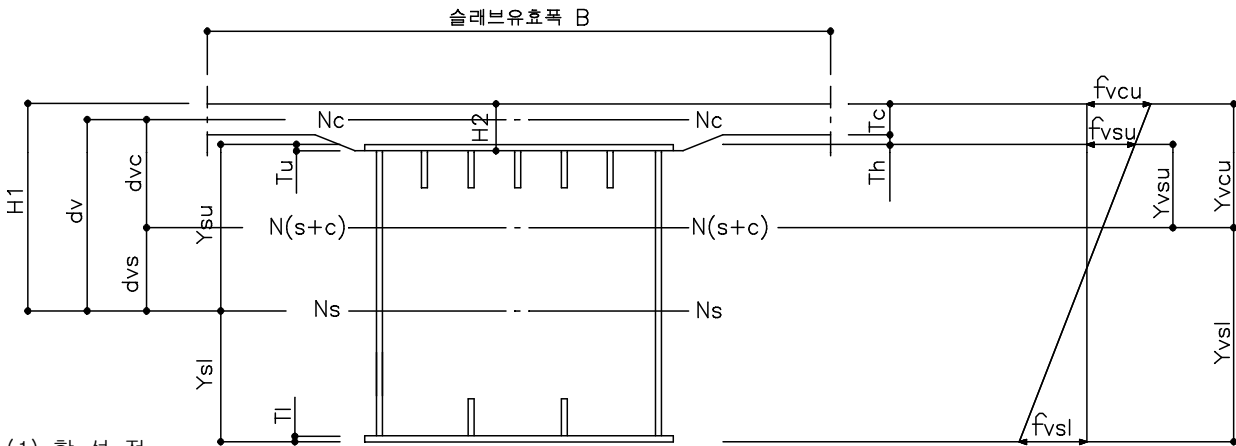
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

$$* A_s = 179700 \text{ mm}^2, A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = \quad -13650300 \quad / \quad 179700 \quad = \quad -75.962 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 233243419600 - 179700 \times -75.962^2 = 232206520935 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 16.0 - -75.962 = 1391.962 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6578928.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 89.868 \text{ MPa}$$

$$f_{sI} = M_s \cdot Y_{sI} / I_s = -80.447 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 5.383 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 375009.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 1017237672 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1551.0 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 743,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 807.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 868.2 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 618.2 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 584.2 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2053.8 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 458352741620 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6618178.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.108 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.789 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 5.962 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -20.961 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.843 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.840 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.310 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.905 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -34.820 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.116 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 277354.8 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1004.9 \text{ mm} & K = 0.605 \\
ds1 &= dv - dc1 = 546.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1129.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 879.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 845.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1792.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 384912852370 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1481436 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1481436 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 1488662882 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.108 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.789 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.609 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.326 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 7.321 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$f_{vsl1} = P \phi / A_{v1} + k \cdot M \phi \cdot Y_{vsl} / I_{v1} = 1.148 \text{ MPa}$$

(5) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c / n2 = 244803.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c / n2 + A_s) = 1138.5 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 412.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c / 2 = 1263.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 1013.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H2 + T_u = 979.5 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1658.5 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c / n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c / n2 \cdot d_{c2}^2 = 347502612577.0 \text{ mm}^4$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot d_{c2} = 4202594437 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot / n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.349 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.425 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 22.246 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = 2.944 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot d_{vc} = 3657892215 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.835 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.986 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 15.945 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = 3.208 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 18.341 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f, f_a : 부강되 파이 양여이 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 182.0$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 324.403 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 182.038 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	89.868	-80.447	182.038	190.000
1+2+3	2.948	2.099	10.800	10.800	105.735	-136.228	182.038	190.000
1+2+3+4	2.339	1.773	10.800	10.800	113.055	-135.080	209.344	190.000
1+2+3+4+5	0.990	0.347	10.800	10.800	135.301	-132.136	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.155	-0.639	12.420	2.174	151.246	-128.927	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.825	1.334	12.420	12.420	119.356	-135.344	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{135.301}{209.344} \right)^2 + \left(\frac{18.341}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.418 + 0.028 = 0.446 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-136.228}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{18.341}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.514 + 0.028 = 0.542 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/89.868)} = 1.454 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.121) = 3.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/151.246)} = 1.121 < 1.2 \Rightarrow 1.121$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.108 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.948 - 1.108 = 1.840 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.108 + 2.15 \times 1.84 + (-0.609) + (-1.349) + (0.835)$$

$$= 4.274 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.108 + 2.15 \times 1.84 + (0.835)$$

$$= 6.231 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 89.868 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 5.962 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 105.735 - 89.868 - 5.962 = 9.904 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (89.868 + 5.962) + 2.15 \times 9.904 + (7.321) + (22.246) + (15.945)$$

$$= 191.385 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (89.868 + 5.962) + 2.15 \times 9.904 + (15.945)$$

$$= 161.819 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -80.447 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -20.961 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -136.228 - 80.447 - 20.961 = -34.820 \text{ MPa}$$

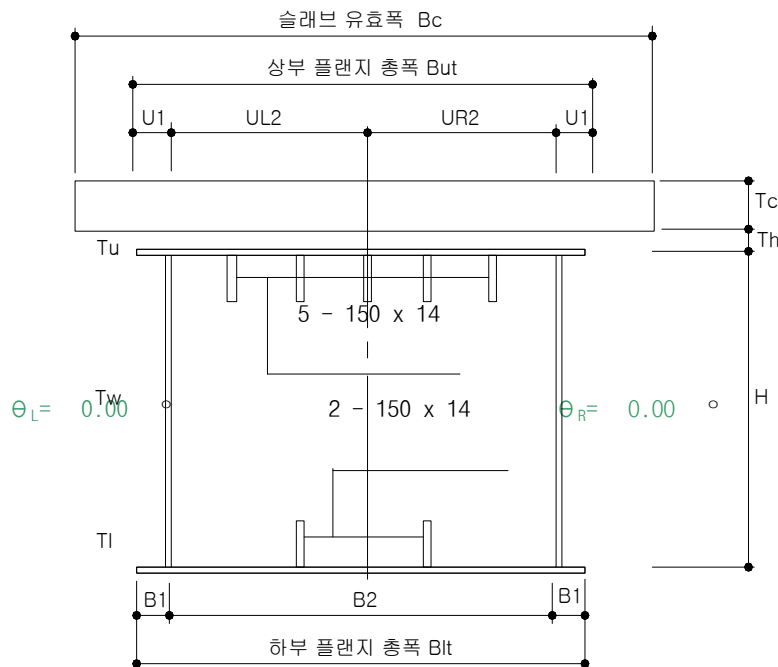
$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-80.447 + -20.961) + 2.15 \times -34.82 + (1.148) + (2.944) + (-3.208) \\ &= -205.809 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-80.447 + -20.961) + 2.15 \times -34.82 + (-3.208) \\ &= -209.901 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< S P L I C E - 18 > : 절점 88 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 6.250 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 Tl = 0.014 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 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 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	9356.602
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2933.566
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4726.387
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	957.897
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	298.031
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	627.971
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-141.320
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-62.325
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-905.015

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

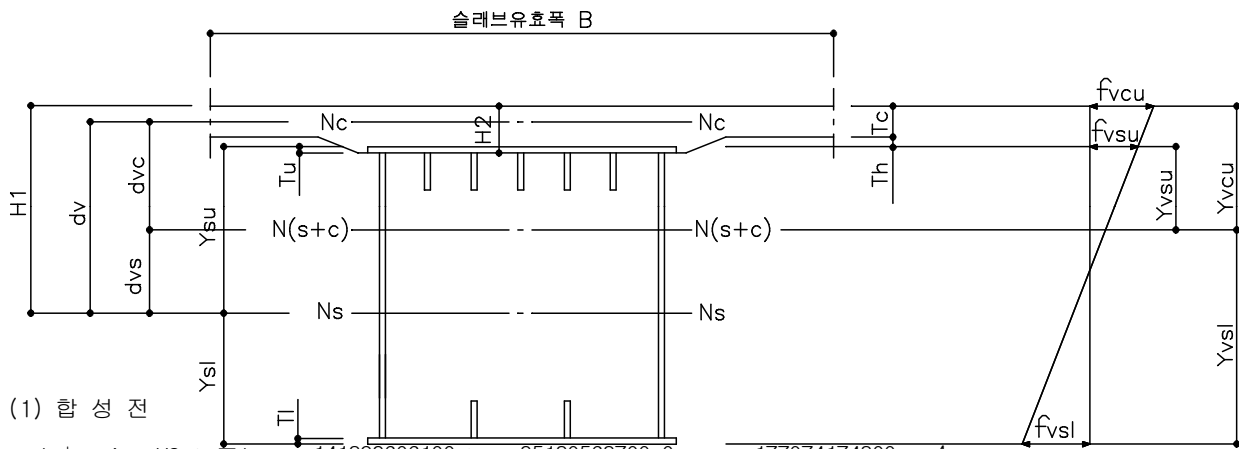
단 면 제 원

단 면	R(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* $A_s = 147300 \text{ mm}^2$, $A_c = 1562477.1 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 141893606100 + 35180568700.0 = 177074174800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 627300 / 147300 = 4.259 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 177074174800 - 147300 \times 4.259^2 = 177071503345 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 12.0 - 4.259 = 1307.741 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6563856.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 69.102 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -69.658 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 16.248 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342609.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 1017237672 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1470.7 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 632.3 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 838.4 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 757.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcI} &= Y_{vcu} - T_c = 507.3 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 469.3 \text{ mm} \\
Y_{vsI} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -2156.7 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 359723701331 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6603106.0 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.772 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.517 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 3.827 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_{sc} \cdot Y_{vsI} / I_v = -17.588 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.169 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.244 \text{ MPa} \\
f_{vcI} &= M_v \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.833 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.166 \text{ MPa} \\
f_{vsI} &= M_v \cdot Y_{vsI} / I_v = -28.336 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.774 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 244954.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 884.4 \text{ mm} & K = 0.816 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 586.3 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1009.4 \text{ mm} \\
Y_{v1cI} &= Y_{v1cu} - T_c = 759.4 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 721.4 \text{ mm} \\
Y_{v1sI} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1904.6 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 304603317691 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 1007140 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1007140 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = 890723718 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.772 \text{ MPa} \\
f_{cI} &= M_{sc} \cdot Y_{vcI} / (n \cdot I_v) = 0.517 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.364 \text{ MPa} \\
f_{vcI1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cI} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cI} \cdot \phi_1 / E_c = -0.147 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 5.833 \text{ MPa} \\
f_{vsI1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sI} / I_{v1} = -0.433 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 212403.211 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1019.9 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 450.8 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1144.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 894.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 856.9 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1769.1 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 275070573681.8 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3691352 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3764986629 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c2} = E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.106 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.222 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 26.950 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -2.379 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4921803 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3112172659 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.536 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.757 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 17.679 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = -0.860 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \quad 37.192 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 148.2$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	69.102	-69.658	148.183	190.000
1+2+3	2.016	1.350	10.800	10.800	79.096	-115.582	148.183	190.000
1+2+3+4	1.651	1.203	10.800	10.800	84.929	-116.015	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.546	-0.018	10.800	1.890	111.879	-118.395	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	0.010	-0.775	12.420	2.174	129.558	-119.254	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.082	0.738	12.420	12.420	94.200	-117.535	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.558}{192.638} \right)^2 + \left(\frac{37.192}{110.000} \right)^2 = 0.452 + 0.114 = 0.567 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-118.395}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{37.192}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.388 + 0.114 = 0.503 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/69.102)} = 1.658 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/129.558)} = 1.211 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.772 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.016 - 0.772 = 1.244 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.772 + 2.15 \times 1.244 + (-0.364) + (-1.106) + (0.536)$$

$$= 2.744 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.772 + 2.15 \times 1.244 + (0.536)$$

$$= 4.214 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 69.102 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.827 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 79.096 - 69.102 - 3.827 = 6.167 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (69.102 + 3.827) + 2.15 \times 6.167 + (5.833) + (26.95) + (17.679)$$

$$= 158.528 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (69.102 + 3.827) + 2.15 \times 6.167 + (17.679)$$

$$= 125.745 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -69.658 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -17.588 \text{ MPa}$$

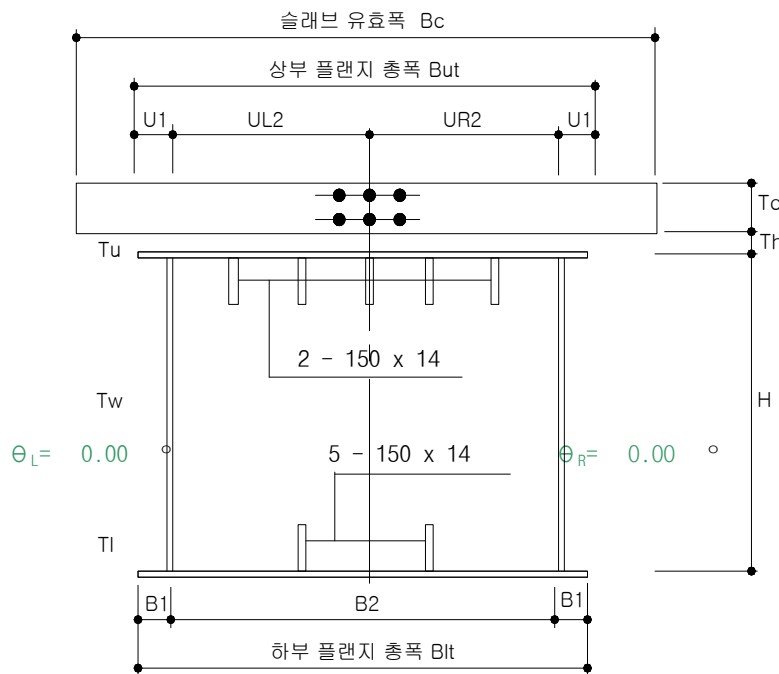
$$\text{합성후 활하중 응력} = -115.582 - 69.658 - -17.588 = -28.336 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-69.658 + -17.588) + 2.15 \times -28.336 + (-0.433) + (-2.379) + (-0.86) \\ &= -178.015 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-69.658 + -17.588) + 2.15 \times -28.336 + (-0.86) \\ &= -175.202 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
Bc = 5.296 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.700 , Blt= 2.700 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.020 m
Tl = 0.022 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-10836.759
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3196.317
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-6732.631
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1936.341
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	597.735
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	924.672
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-155.605
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-59.644
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-955.191
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

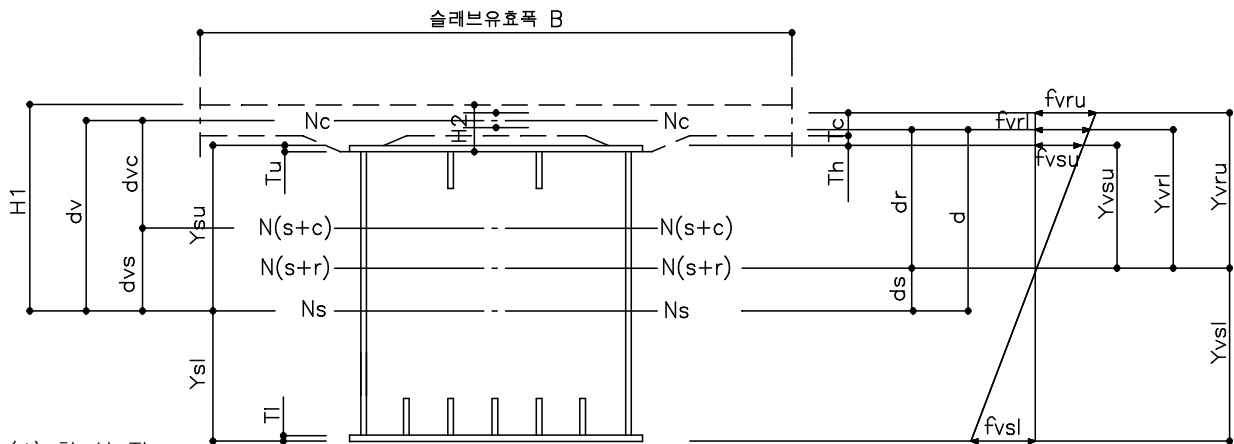
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다 며 제 위

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	2430.0	20.0	48601	1310.00	63666783	83403485129	1620020
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			179161		-14137639	197346626654	35183338766
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573080	48622543200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28497780	39611914200	-
RE-BAR 합계			41004		60070860	88234457400	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 179161 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 197346626654 + 35183338766 = 232529965421 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -14137639 / 179161 = -78.910 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 232529965421 - 179161 \times (-78.910)^2 = 231414362415 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 20.0 - (-78.910) = 1398.910 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1398.910 - 2642.000 = -1243.090 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6583952.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -65.509 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 58.212 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 32.016 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 220165 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1543.910 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1256.369 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 287.541 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1331.369 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1181.369 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1111.369 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1530.631 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 310950697351 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6623202.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.685 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -12.144 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.424 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 15.734 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.954 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -28.826 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -25.579 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -24.063 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 33.141 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.828 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 344672.148 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1553.910 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 807.726 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 746.185 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 261916.701 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1062.935 \text{ mm} & K = -0.149 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.975 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 440014560725.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -971121 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -971121 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1032238338 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.752 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.827 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.861 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.168 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 234331.552 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1188.062 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 365.848 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3128156 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3716444155 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 11.837 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.104 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.229 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.934 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4170875 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3368921775 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.405 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.163 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.150 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 21.415 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 62.798 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 209.736$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 613.325 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 22.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-65.509	58.212	190.000	190.000
1+2+3	-42.512	-37.722	160.000	-100.996	107.086	190.000	190.000
1+2+3+4	-46.264	-41.549	160.000	-104.857	101.918	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-34.427	-29.444	160.000	-92.628	118.852	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.832	-37.607	184.000	-75.478	140.268	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-26.022	-21.282	184.000	-109.778	97.437	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-104.857}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{62.798}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.305 + 0.326 = 0.630 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{140.268}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{62.798}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.412 + 0.326 = 0.738 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/58.212)} = 1.807 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.164) = 7.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/140.268)} = 1.164 < 1.2 \Rightarrow 1.164$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.685 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -42.512 - 13.685 = -28.826 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.685 + 2.15 \times -28.826 + (-3.752) + (11.837) + (-8.405)$$

$$= -80.088 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.685 + 2.15 \times -28.826 + (-8.405)$$

$$= -88.173 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -65.509 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.424 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -100.996 - 65.509 - 11.424 = -24.063 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-65.509 + -11.424) + 2.15 \times -24.063 + (-3.861) + (12.229) + (-17.15)$$

$$= -160.530 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-65.509 + -11.424) + 2.15 \times -24.063 + (-17.15)$$

$$= -168.898 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 58.212 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 15.734 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 107.086 - 58.212 - 15.734 = 33.141 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.212 + 15.734) + 2.15 \times 33.141 + (-5.168) + (16.934) + (21.415)$$

$$= 200.563 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.212 + 15.734) + 2.15 \times 33.141 + (21.415)$$

$$= 188.797 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.020 m

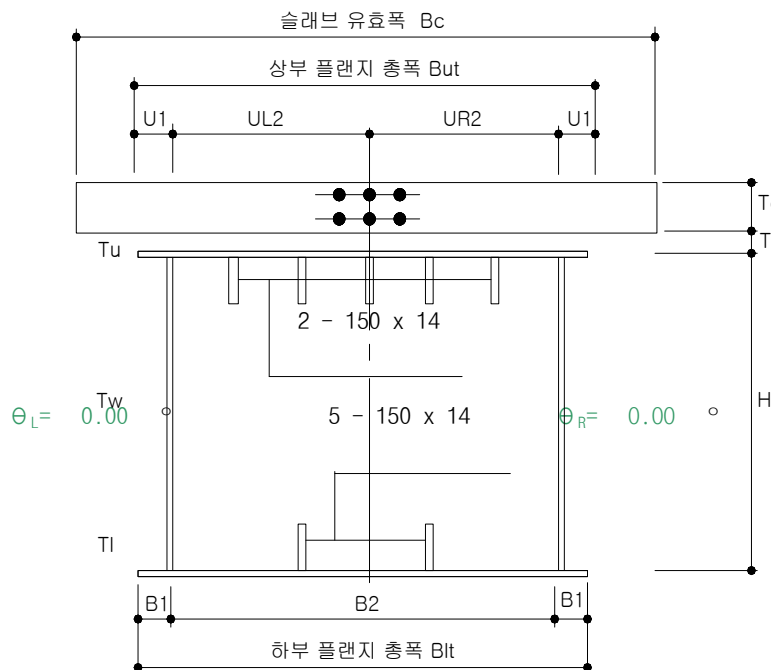
TI = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-10554.323
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3163.554
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-6226.054
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1581.230
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-488.329
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-894.545
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	36.089
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	8.782
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	938.314
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1256.369 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 287.541 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1331.369 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1181.369 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1111.369 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1530.631 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 310950697351 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6623202.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.545 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -12.019 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.307 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 15.572 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.881 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -26.658 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -23.654 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -22.253 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 30.647 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.239 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 344672.148 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1553.910 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 807.726 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 746.185 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 261916.701 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1062.935 \text{ mm} & K = -0.244 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.975 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 440014560725.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -961166 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -961166 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1021657652 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.298 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.419 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.475 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.593 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 234331.552 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1188.062 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 365.848 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3128156 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3716444155 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 10.326 \text{ MPa}$$

$$fvr12 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/lrv = 10.763 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 10.967 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/lrv = 18.672 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4170875 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3368921775 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -9.775 \text{ MPa}$$

$$fr1t = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/lrv - Es \cdot \epsilon t = -9.379 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 16.006 \text{ MPa}$$

$$fs1t = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/lrv = 22.991 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 53.688 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 209.736$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 613.325 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 22.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-63.801	56.695	190.000	190.000
1+2+3	-40.203	-35.673	160.000	-97.361	102.914	190.000	190.000
1+2+3+4	-43.501	-39.092	160.000	-100.835	97.322	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-33.175	-28.329	160.000	-89.868	115.994	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.951	-37.707	184.000	-73.862	138.984	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-23.400	-18.950	184.000	-105.875	93.003	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-100.835}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.688}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.282 + 0.238 = 0.520 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{138.984}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{53.688}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.405 + 0.238 = 0.643 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.695)} = 1.831 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.169) = 7.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/138.984)} = 1.169 < 1.2 \Rightarrow 1.169$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.545 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -40.203 - -13.545 = -26.658 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.545 + 2.15 \times -26.658 + (-3.298) + (10.326) + (-9.775)$$

$$= -77.670 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.545 + 2.15 \times -26.658 + (-9.775)$$

$$= -84.698 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -63.801 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.307 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -97.361 - -63.801 - -11.307 = -22.253 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-63.801 + -11.307) + 2.15 \times -22.253 + (-3.475) + (10.967) + (-16.006)$$

$$= -153.998 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-63.801 + -11.307) + 2.15 \times -22.253 + (-16.006)$$

$$= -161.490 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.695 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 15.572 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 102.914 - 56.695 - 15.572 = 30.647 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.695 + 15.572) + 2.15 \times 30.647 + (-5.593) + (18.672) + (22.991)$$

$$= 195.908 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

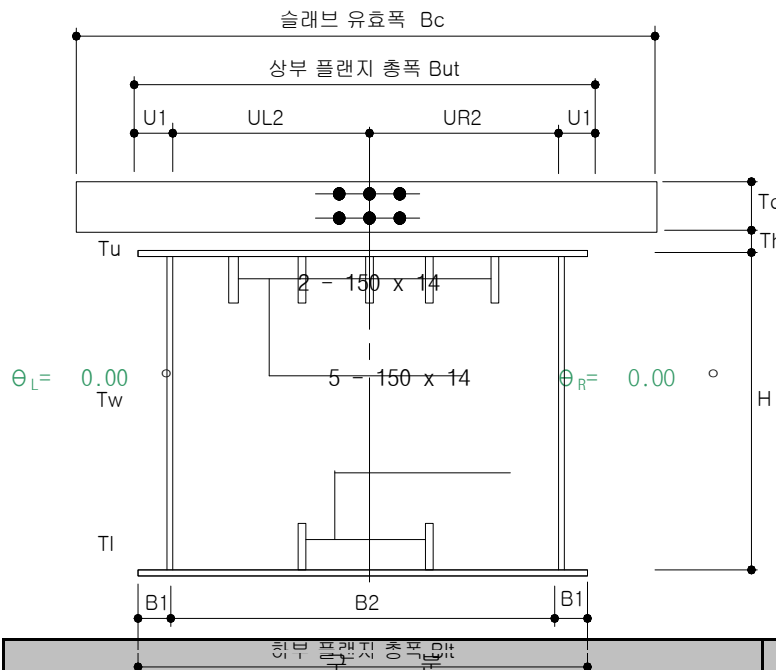
$$\Sigma f = 1.3 \times (56.695 + 15.572) + 2.15 \times 30.647 + (22.991)$$

$$= 182.829 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 9 > : 절점 66 로 부터 이격 거리 3.147 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 5.302 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , B1t= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.432 , B1e= 2.432 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.010 m
 Tl = 0.012 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa 210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa 25000
εs : 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율	0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팽창계수	0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수	4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비	8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃ 10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -5058.988
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -1630.726
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m -5970.087
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN 1272.079
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN 407.545
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN 873.312
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -60.330
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -35.846
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m -887.402
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm 60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

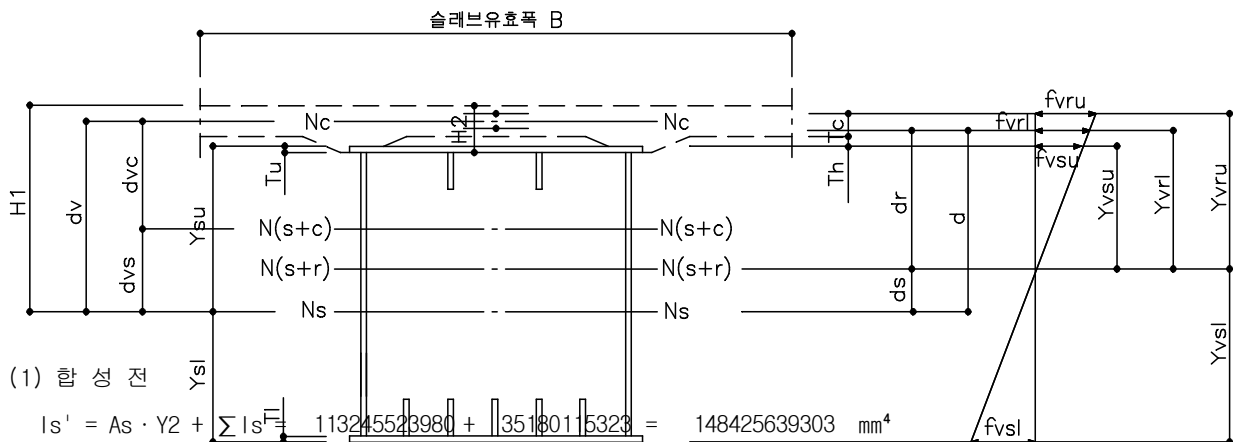
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다 며 제 워

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	2431.8	10.0	24318	1305.00	31734637	41413701895	202648
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2431.8	12.0	29181	-1306.00	-38110746	49772634585	350175
강단면 합계			130599		-14093609	113245523980	35180115323
UPPER RE-BAR	-	-	20523	1540.00	31605420	48672346800	-
LOWER RE-BAR	-	-	20523	1390.00	28526970	39652488300	-
RE-BAR 합계			41046		60132390	88324835100	-
1 - RC SLAB	5301.6	250.0	1325403	1475.00	1954969505	2883580019359	6903140906

* As = 130599 mm² , Ac = 1325403 mm² , Ar = 41046 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 113245523980 + 35180115323 = 148425639303 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -14093609 / 130599 = -107.915 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 148425639303 - 130599 \times (-107.915)^2 = 146904725670 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2600.0 / 2 + 10.0 - (-107.915) = 1417.915 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1417.915 - 2622.000 = -1204.085 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6558832.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -48.829 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 41.465 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 20.769 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 171645 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1572.915 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1196.779 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 376.136 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1271.779 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1121.779 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1041.779 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1580.221 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 224171026425 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6598082.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.252 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.160 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -7.578 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.495 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.758 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -33.870 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -29.875 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -27.744 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 42.084 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.599 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 296274.387 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1582.915 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 697.756 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 885.159 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 213436.697 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 968.564 \text{ mm} & K = 0.105 \\
ds1 &= dv - dc1 = 614.351 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 330754098058.6 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -569950 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -569950 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -552033640 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.649 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.611 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.590 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.912 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 185824.133 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1112.488 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 470.427 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3131265 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3483494827 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 20.318 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 20.073 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 19.942 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.664 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4175020 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 2913143731 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 0.859 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 0.654 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 25.745 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 22.167 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 47.126 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 148.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 182.477 \text{ MPa}$$

사용 $t_l = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-48.829	41.465	190.000	148.183
1+2+3	-43.121	-38.035	160.000	-84.152	95.045	190.000	148.183
1+2+3+4	-46.771	-41.646	160.000	-87.742	92.133	190.000	148.183
1+2+3+4+5	-26.453	-21.573	160.000	-67.799	107.797	190.000	148.183
1+2+3+4+5+6	-25.594	-20.919	184.000	-42.054	129.965	218.500	170.411
1+2+3+4+5-6	-27.312	-22.227	184.000	-93.544	85.630	218.500	170.411

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-87.742}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.126}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.213 + 0.184 = 0.397 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.965}{170.411} \right)^2 + \left(\frac{47.126}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.582 + 0.184 = 0.765 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} > t = 10 \text{ mm} \quad \text{N.G.}$$

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

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/41.465)} = 2.141 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/129.965)} = 1.209 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -9.252 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -43.121 - 9.252 = -33.870 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.252 + 2.15 \times -33.87 + (-3.649) + (20.318) + (-0.859)$$

$$= -69.038 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.252 + 2.15 \times -33.87 + (-0.859)$$

$$= -85.706 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -48.829 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -7.578 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -84.152 - 48.829 - 7.578 = -27.745 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-48.829 + -7.578) + 2.15 \times -27.745 + (-3.59) + (19.942) + (-25.745)$$

$$= -142.373 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-48.829 + -7.578) + 2.15 \times -27.745 + (-25.745)$$

$$= -158.725 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 41.465 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.495 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 95.045 - 41.465 - 11.495 = 42.085 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.465 + 11.495) + 2.15 \times 42.085 + (-2.912) + (15.664) + (22.167)$$

$$= 194.250 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

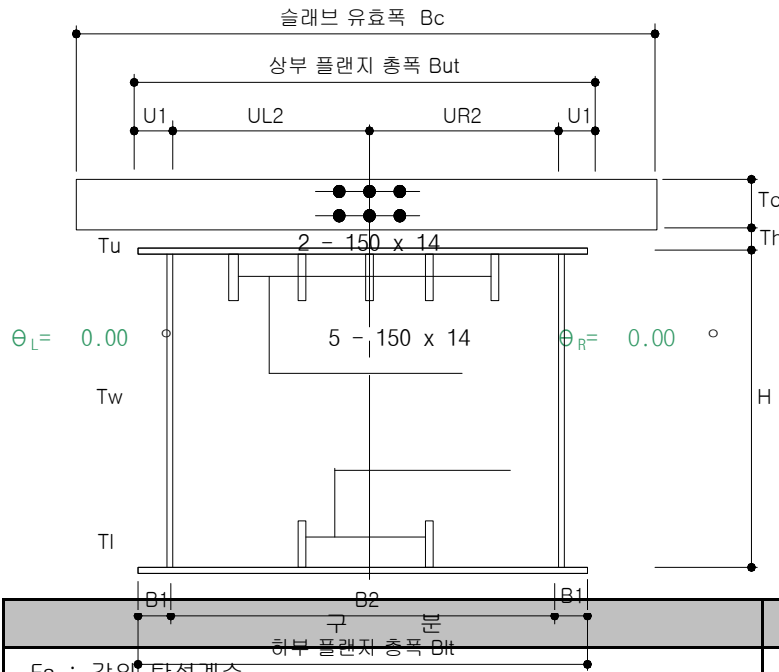
$$\Sigma f = 1.3 \times (41.465 + 11.495) + 2.15 \times 42.085 + (22.167)$$

$$= 181.497 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 10 > : 절점 69 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m
 Bc = 5.302 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.010 m
 TI = 0.012 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

단 위	입력 DATA
Es : 강재의 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 -5059.688
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -1630.882
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m -5970.890
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN -1272.112
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN -407.559
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN -873.322
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m 59.684
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m 35.612
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m 887.645
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm 60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다 며 제 워

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1196.779 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 376.136 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1271.779 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1121.779 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1041.779 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1580.221 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 224171026425 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6598082.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.252 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.161 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -7.579 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.496 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.756 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -33.874 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -29.879 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -27.748 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 42.090 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.601 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 296274.387 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1582.915 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 697.756 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 885.159 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 213436.697 \text{ mm}^2 & \# 2차 부정정력으로 인한 영향 고려 \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 968.564 \text{ mm} & K = 0.105 \\
ds1 &= dv - dc1 = 614.351 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 330754098058.6 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -570005 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -570005 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -552086450 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.650 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.611 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.590 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.912 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 185824.133 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1112.488 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 470.427 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3131265 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3483494827 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 20.318 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 20.073 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 19.942 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.664 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4175020 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 2913143731 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 0.859 \text{ MPa}$$

$$f_{rllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 0.654 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 25.745 \text{ MPa}$$

$$f_{sllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 22.167 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 47.123 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 148.183$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 182.477 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 148.183 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-48.836	41.471	190.000	148.183
1+2+3	-43.127	-38.040	160.000	-84.163	95.057	190.000	148.183
1+2+3+4	-46.776	-41.651	160.000	-87.753	92.145	190.000	148.183
1+2+3+4+5	-26.459	-21.578	160.000	-67.811	107.809	190.000	148.183
1+2+3+4+5+6	-25.600	-20.924	184.000	-42.066	129.977	218.500	170.411
1+2+3+4+5-6	-27.318	-22.232	184.000	-93.556	85.642	218.500	170.411

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-87.753}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.123}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.213 + 0.184 = 0.397 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.977}{170.411} \right)^2 + \left(\frac{47.123}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.582 + 0.184 = 0.765 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} > t = 10 \text{ mm} \quad \text{N.G.}$$

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

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

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

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/41.471)} = 2.140 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/129.977)} = 1.209 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -9.252 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -43.127 - 9.252 = -33.874 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -9.252 + 2.15 \times -33.874 + (-3.65) + (20.318) + (-0.859) \\ &= -69.049 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -9.252 + 2.15 \times -33.874 + (-0.859) \\ &= -85.717 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -48.836 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -7.579 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -84.163 - 48.836 - 7.579 = -27.748 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-48.836 + -7.579) + 2.15 \times -27.748 + (-3.59) + (19.942) + (-25.745) \\ &= -142.391 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-48.836 + -7.579) + 2.15 \times -27.748 + (-25.745) \\ &= -158.743 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 41.471 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.496 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 95.057 - 41.471 - 11.496 = 42.090 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (41.471 + 11.496) + 2.15 \times 42.09 + (-2.912) + (15.664) + (22.167) \\ &= 194.270 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (41.471 + 11.496) + 2.15 \times 42.09 + (22.167) \\ &= 181.518 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

< S P L I C E - 13 > : 절점 77 로 부터 이격 거리 1.888 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.020 m

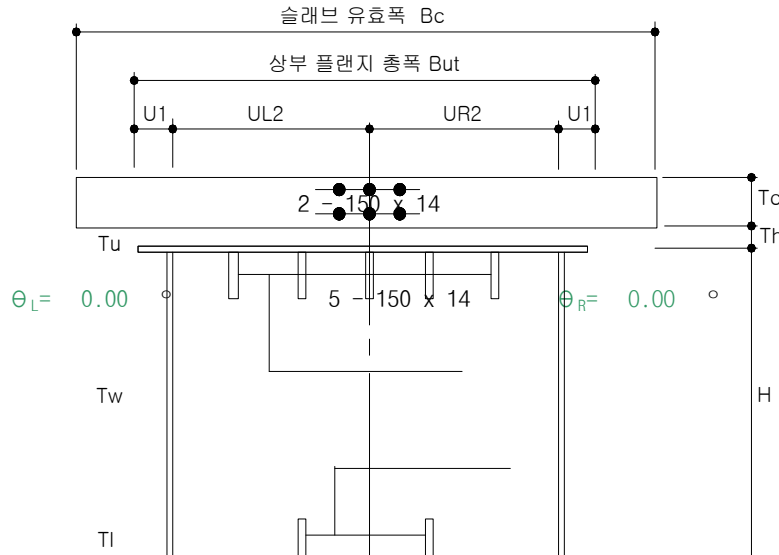
TI = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm



단 위	입력 DATA
Es : 강재의 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 크리이프 계수	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃ 10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -10553.214
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m -3162.847
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m -6225.393
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN 1581.223
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN 488.319
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN 894.554
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -34.933
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m -8.488
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m -938.068
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm 60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1256.369 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 287.541 \text{ mm} \\
Yvr_u &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Ar_l / Ar = 1331.369 \text{ mm} \\
Yvr_l &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Ar_u / Ar = 1181.369 \text{ mm} \\
Yvs_u &= Yvr_l - tcl - Th + Tu = 1111.369 \text{ mm} \\
Yvs_l &= Yvs_u - (H + Tu + Tl) = -1530.631 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 310950697351 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6623202.0 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvr_u / Irv = -13.542 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvr_l / Irv = -12.016 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvs_u / Irv = -11.304 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvs_l / Irv = 15.569 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.879 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvr_u / Irv = -26.655 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvr_l / Irv = -23.652 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvs_u / Irv = -22.250 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvs_l / Irv = 30.644 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.237 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 344672.148 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1553.910 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 807.726 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 746.185 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 261916.701 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1062.935 \text{ mm} & K = -0.244 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.975 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 440014560725.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -960952 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -960952 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1021429329 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvr_u / Irv = -3.298 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvr_l / Irv = -3.418 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvs_u / Irv = -3.474 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvs_l / Irv = -5.591 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 234331.552 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1188.062 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 365.848 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3128156 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3716444155 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 10.326 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 10.763 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.967 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.672 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4170875 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3368921775 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.775 \text{ MPa}$$

$$f_{rllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.379 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.006 \text{ MPa}$$

$$f_{sllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 22.991 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 53.677 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 209.736$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 613.325 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 22.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-63.795	56.689	190.000	190.000
1+2+3	-40.197	-35.668	160.000	-97.349	102.902	190.000	190.000
1+2+3+4	-43.494	-39.086	160.000	-100.823	97.310	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-33.169	-28.323	160.000	-89.856	115.982	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.944	-37.701	184.000	-73.850	138.973	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-23.393	-18.944	184.000	-105.862	92.991	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-100.823}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.677}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.282 + 0.238 = 0.520 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{138.973}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{53.677}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.405 + 0.238 = 0.643 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플래지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

압축(하부)플래지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.689)} = 1.831 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.169) = 7.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/138.973)} = 1.169 < 1.2 \Rightarrow 1.169$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.542 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -40.197 - -13.542 = -26.655 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.542 + 2.15 \times -26.655 + (-3.298) + (10.326) + (-9.775)$$

$$= -77.660 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.542 + 2.15 \times -26.655 + (-9.775)$$

$$= -84.688 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -63.795 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.304 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -97.349 - -63.795 - -11.304 = -22.250 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-63.795 + -11.304) + 2.15 \times -22.25 + (-3.474) + (10.967) + (-16.006)$$

$$= -153.979 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-63.795 + -11.304) + 2.15 \times -22.25 + (-16.006)$$

$$= -161.473 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.689 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 15.569 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 102.902 - 56.689 - 15.569 = 30.644 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.689 + 15.569) + 2.15 \times 30.644 + (-5.591) + (18.672) + (22.991)$$

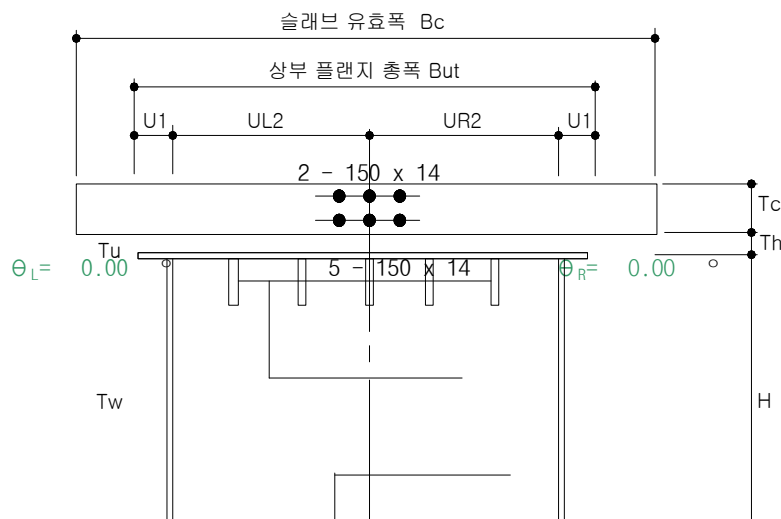
$$= 195.890 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.689 + 15.569) + 2.15 \times 30.644 + (22.991)$$

$$= 182.810 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B


$$H = 2.600 \text{ m}$$
$$B_c = 5.296 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.020 \text{ m}$$
$$T1 = 0.022 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U_1 = 0.100 \text{ m}$$
$$B1 = 0.100 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구분	단위	입력 DATA
Es : 강역탄성계수 B2 B1	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수 플랜지 총폭 Blt	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-10837.195
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3195.940
Mv : (활하중 + 지정침하)에의한 모멘트	kN · m	-6732.929
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1936.239
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-597.704
Sv : (활하중 + 지정침하)에의한 전단력	kN	-924.645
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	154.939
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	59.588
Mvt : (활하중 + 지정침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	955.448
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

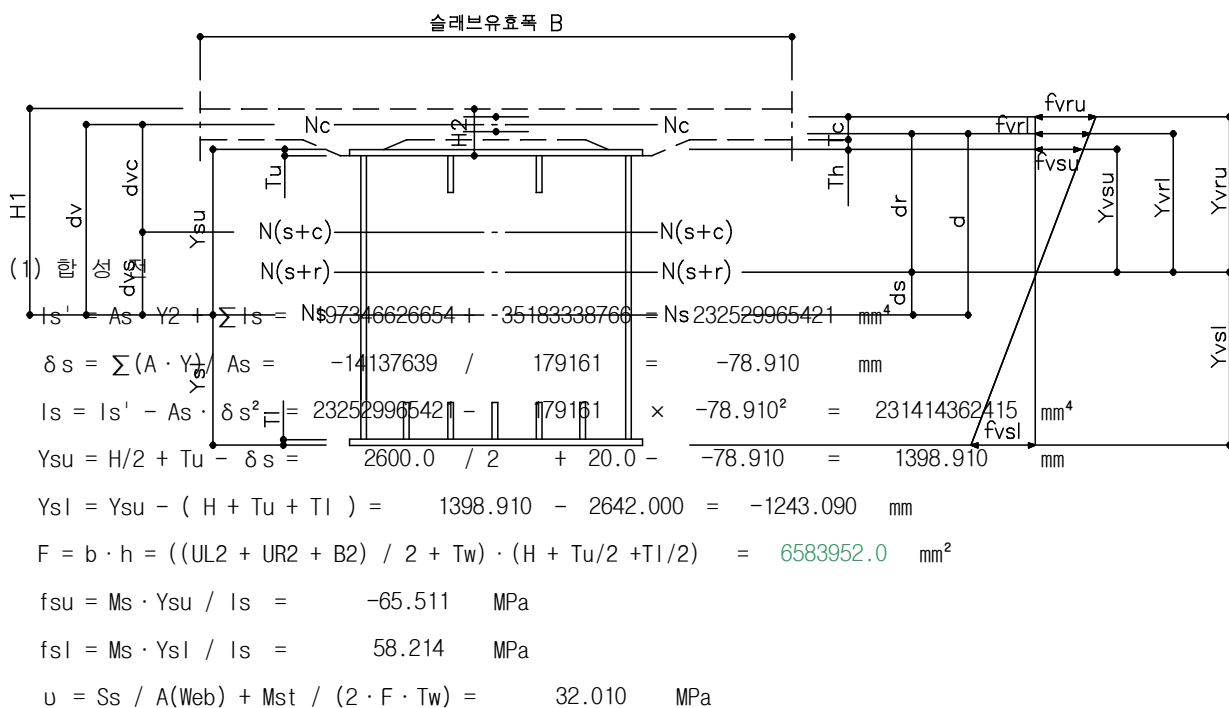
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

다며 제 위

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	2430.0	20.0	48601	1310.00	63666783	83403485129	1620020
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			179161		-14137639	197346626654	35183338766
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573080	48622543200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28497780	39611914200	-
RE-BAR 합계			41004		60070860	88234457400	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

$$* A_s = 179161 \text{ mm}^2, A_c = 1324087 \text{ mm}^2, A_r = 41004 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 220165 \text{ mm}^2$$

$$d = V_{SH} - T_{II} + T_{II} + t_{el} + (T_C - t_{CU} - t_{el}) \cdot A_{RU}/A_r = 1543.910 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1256.369 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 287.541 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1331.369 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1181.369 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1111.369 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1530.631 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 310950697351 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6623202.0 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.684 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -12.142 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.423 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 15.732 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.953 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -28.828 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -25.580 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -24.064 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 33.142 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.829 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 344672.148 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1553.910 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 807.726 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 746.185 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 261916.701 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1062.935 \text{ mm} & K = -0.149 \\
ds1 &= dv - dc1 = 490.975 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 440014560725.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -971006 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -971006 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1032116587 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 12500 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.752 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.826 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.861 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.167 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 234331.552 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1188.062 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 365.848 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3128156 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3716444155 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 11.837 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.104 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.229 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.934 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4170875 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3368921775 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.405 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.163 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 17.150 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 21.415 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 62.792 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 209.736$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 613.325 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 22.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-65.511	58.214	190.000	190.000
1+2+3	-42.512	-37.722	160.000	-100.998	107.088	190.000	190.000
1+2+3+4	-46.263	-41.548	160.000	-104.859	101.921	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-34.426	-29.444	160.000	-92.630	118.855	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.831	-37.606	184.000	-75.480	140.270	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-26.021	-21.281	184.000	-109.780	97.440	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \text{ ##### } \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-104.859}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{62.792}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.305 + 0.326 = 0.630 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \text{ ##### } \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{140.270}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{62.792}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.412 + 0.326 = 0.738 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2500 / (48 \times 1.00 \times 6) = 8.7 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 7.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/58.214)} = 1.807 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (310 \times 1.164) = 7.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/140.27)} = 1.164 < 1.2 \Rightarrow 1.164$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.684 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -42.512 - 13.684 = -28.828 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.684 + 2.15 \times -28.828 + (-3.752) + (11.837) + (-8.405)$$

$$= -80.088 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.684 + 2.15 \times -28.828 + (-8.405)$$

$$= -88.174 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -65.511 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.423 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -100.998 - 65.511 - 11.423 = -24.064 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-65.511 + -11.423) + 2.15 \times -24.064 + (-3.861) + (12.229) + (-17.15)$$

$$= -160.534 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-65.511 + -11.423) + 2.15 \times -24.064 + (-17.15)$$

$$= -168.903 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 58.214 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 15.732 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 107.088 - 58.214 - 15.732 = 33.143 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.214 + 15.732) + 2.15 \times 33.143 + (-5.167) + (16.934) + (21.415)$$

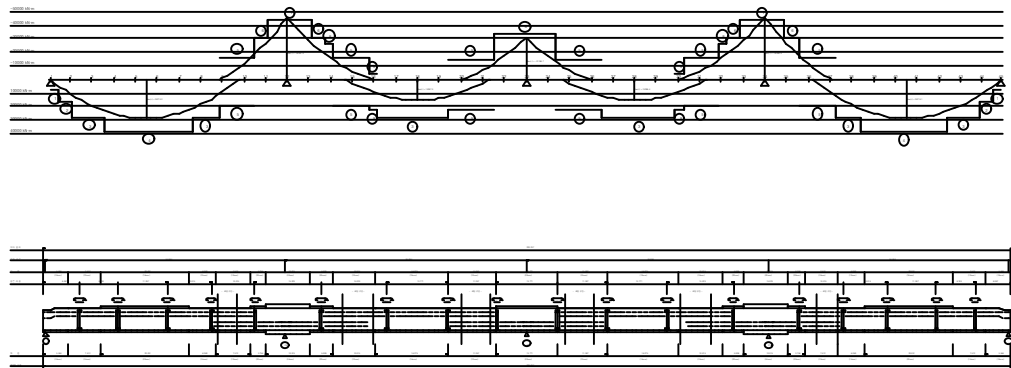
$$= 200.568 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.214 + 15.732) + 2.15 \times 33.143 + (21.415)$$

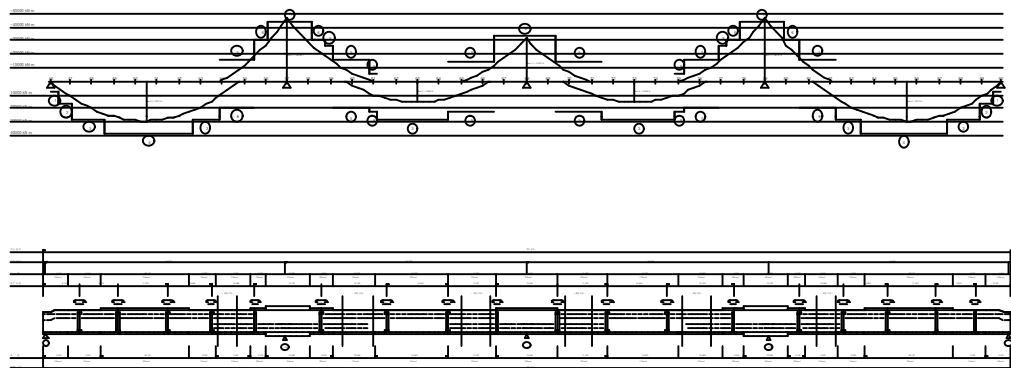
$$= 188.801 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.9 단면 요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



5.이음부의 설계

5.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 1 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 9356.510 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7659.770 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 957.918 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 925.964 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1108.940 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 129.6 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -118.4 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

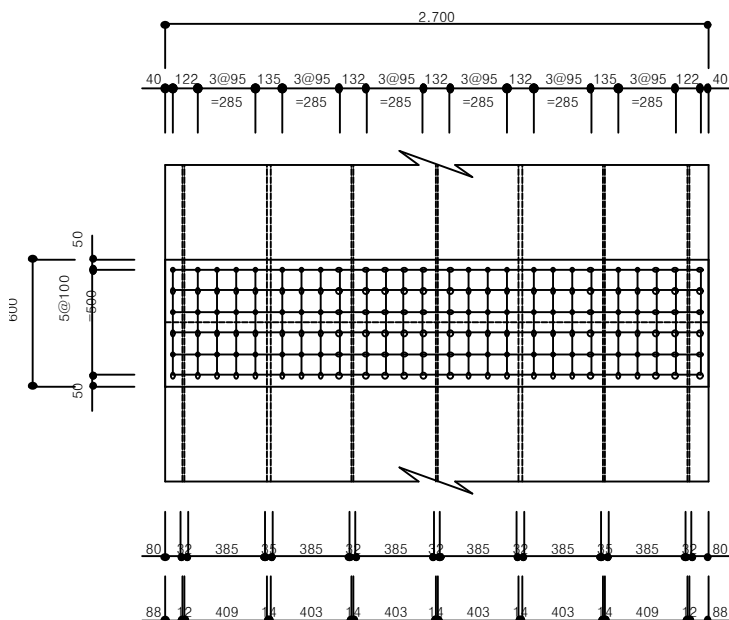
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 129.6 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 24300.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{9.579\text{E}+05 \times 4.218\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{9.260\text{E}+05 \times 1.501\text{E}+07}{3.59724\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 9236 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(957.92 kN) , S_v : 합성후 전단력(925.96 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1307.74 - 6.0) = 42176376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (469.32 - 6.0) = 15011698 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.59724\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

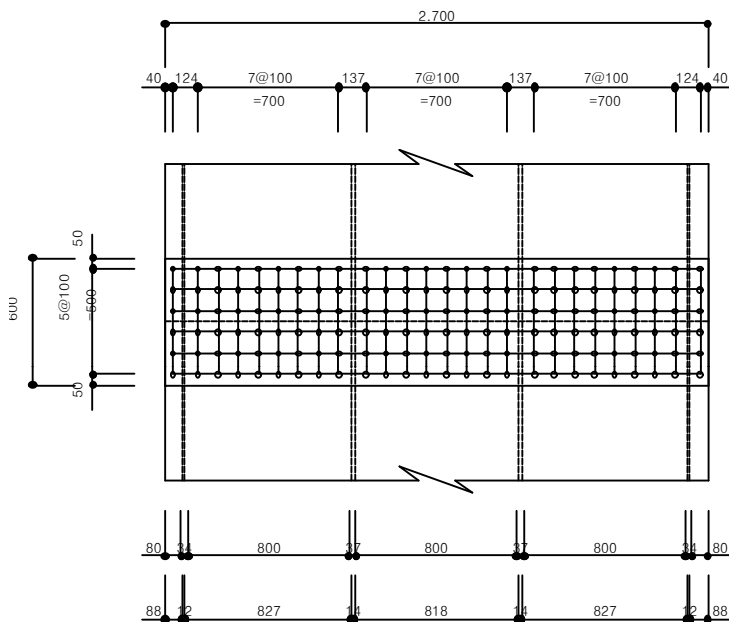
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 9235.6^2)} = 59908.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 118.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: Tu= 14 mm

모재길이: L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \div 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : 2-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{9.579E+05 \times 4.957E+07}{1.77072E+11} + \frac{9.260E+05 \times 8.126E+07}{3.59724E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 16522 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(957.918 kN) , S_v : 합성후 전단력(925.964 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1318.26 - 7.0) = 49565628 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2156.68 - 7.0) = 81257753 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.59724E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 16522.1^2)} = 71006.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

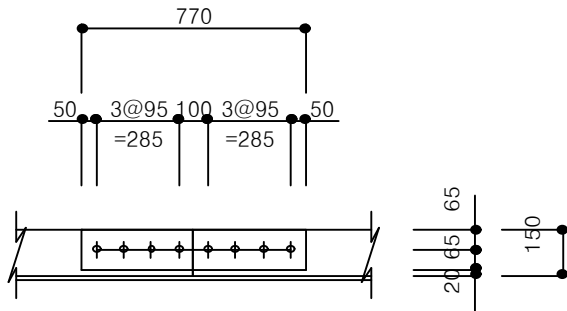
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \div 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

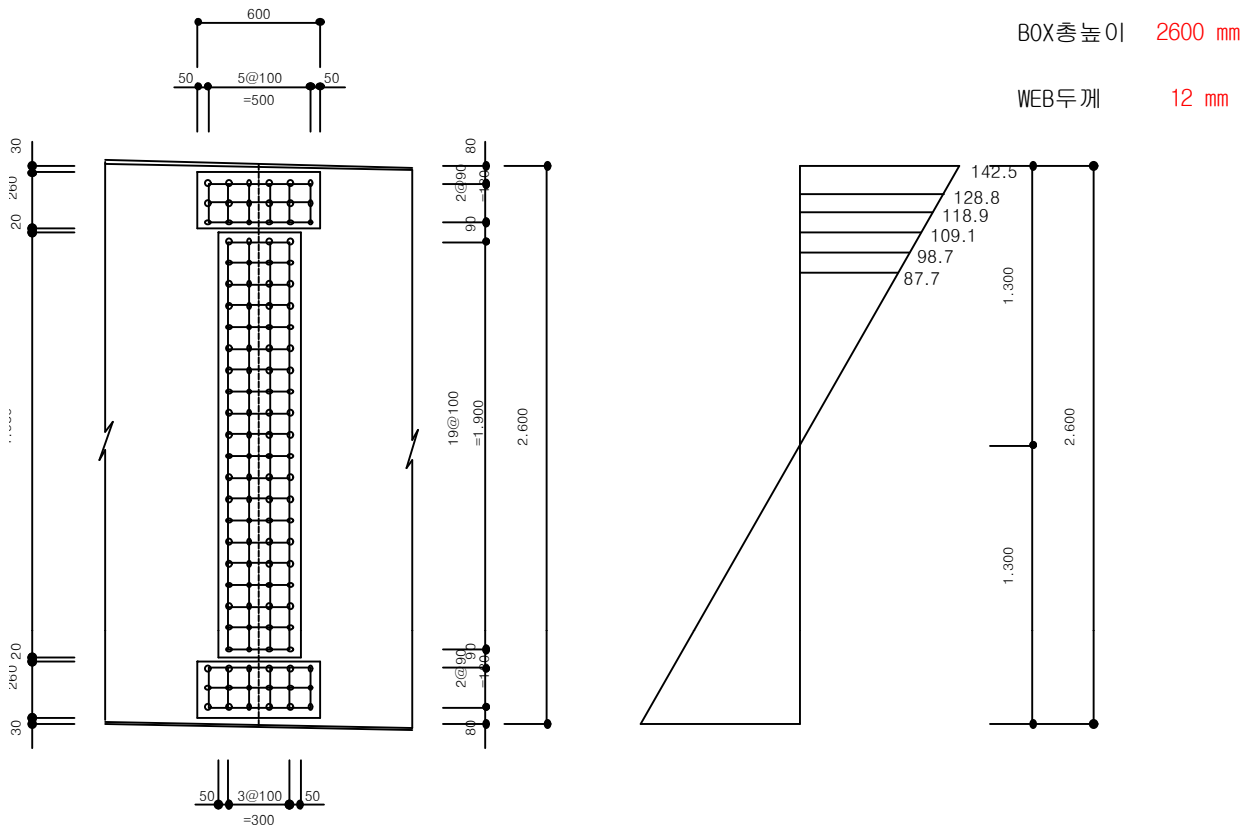
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht), \quad ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t), \quad A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1883.9 \times 1000}{2} + \frac{1108.9 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 20046.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 20046.0^2} = 70724.9 \text{ N/EA} < \rho a, \quad 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 9356.5 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 929.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7659.8 \times \frac{4.04735E+10}{3.59724E+11} = 861.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 9356.5 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 7659.8 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.59724E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1318.26)^2 = 1.29505E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2156.68 - 1300.00)^2 = 4.19995E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1307.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1318.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 469.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2156.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{929.271 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{861.821 \times 1E+06}{41999513251} \times 469.324 \\
 &= 93.837 + 9.630 = 103.468 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{929.271 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{861.821 \times 1E+06}{41999513251} \times 2156.676 \\
 &= 94.592 + 44.255 = 138.847 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

2) SPLICE - 2 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 14991.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 12448.400 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 311.306 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 549.019 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 724.154 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 135.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -136.2 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

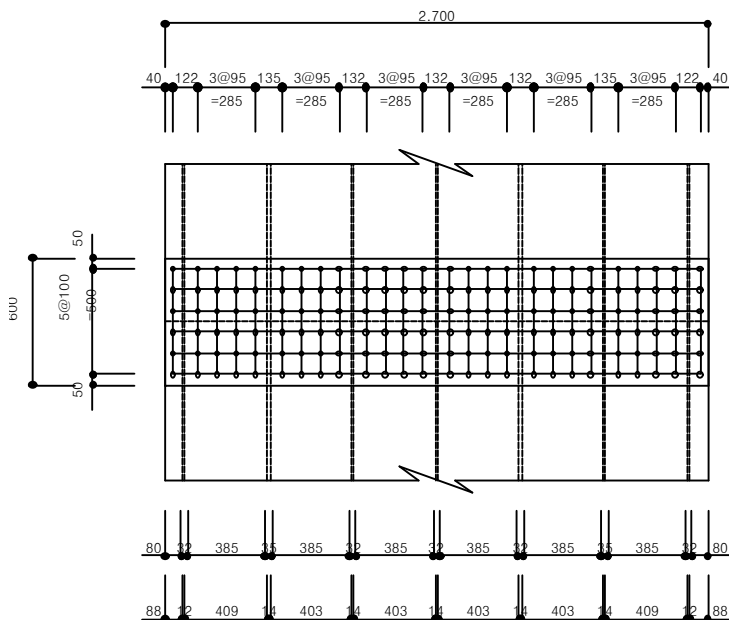
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 135.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 65 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 32400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 78923.1 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.113\text{E}+05 \times 5.979\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{5.490\text{E}+05 \times 2.489\text{E}+07}{4.58353\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 3807 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (311.31 kN) , S_v : 합성후 전단력 (549.02 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 16 \times (1391.96 - 8.0) = 59787072 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 16 \times (584.20 - 8.0) = 24891926 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

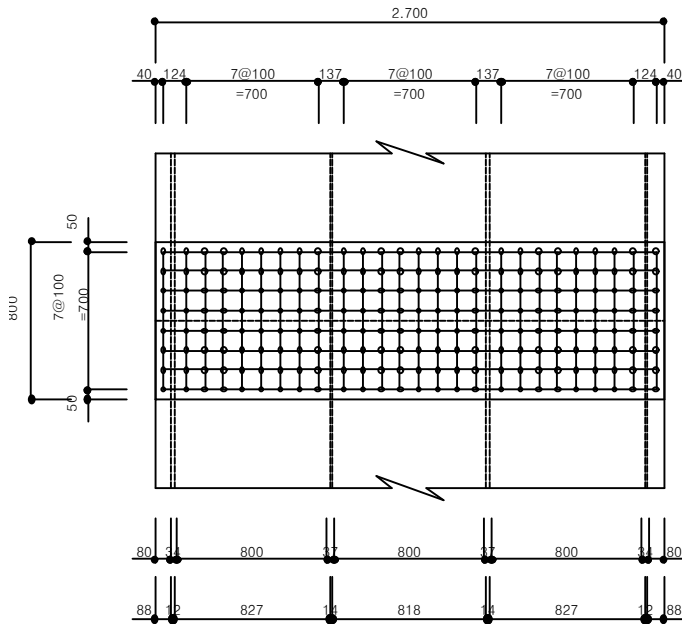
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 3806.6^2)} = 79014.8 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 136.2 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께: } T_u = 22 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이: } L = 2700 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 44550.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{3.113\text{E}+05 \times 7.336\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{5.490\text{E}+05 \times 1.213\text{E}+08}{4.58353\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 6327 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(311.306 kN) , S_v : 합성후 전단력(549.019 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1246.04 - 11.0) = 73361376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (2053.80 - 11.0) = 121342201 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 6326.7^2)} = 81635.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

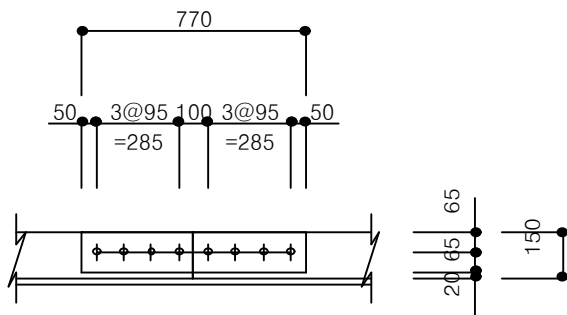
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 22 \times 2700 = 59400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 22 \times (2700 - 25 \times 26) = 45100.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

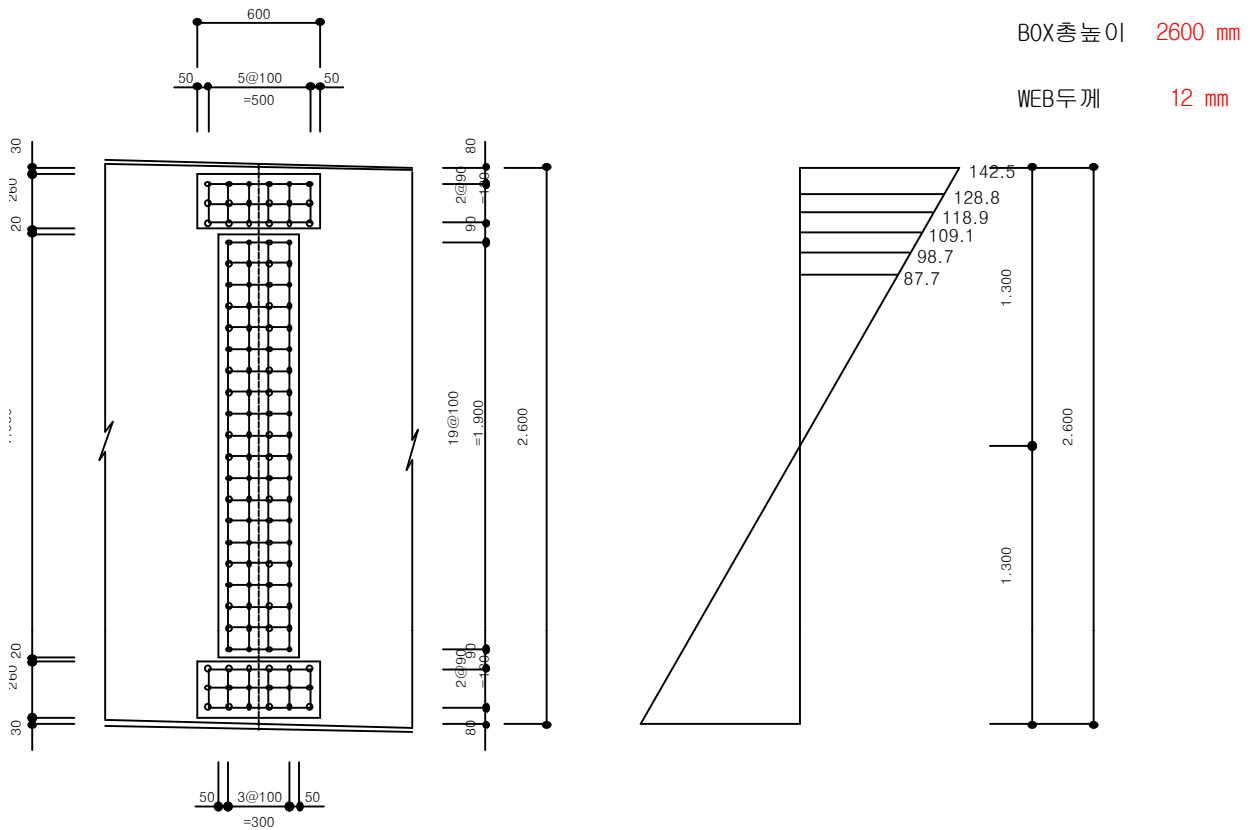
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{860.3 \times 1000}{2} + \frac{724.2 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 9901.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 9901.7^2} = 68543.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 14991.8 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1140.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 12448.4 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 958.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 14991.8 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 12448.4 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.32207E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 4.58353E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1246.04)^2 = 1.30526E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2053.80 - 1300.00)^2 = 3.54385E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1392.0 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1246.0 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 584.2 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2053.8 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{1140.613 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{958.826 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202 \\
 &= 121.637 + 15.806 = 137.444 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{1140.613 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{958.826 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798 \\
 &= 108.886 + 55.568 = 164.454 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

3) SPLICE - 3 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 13913.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 12958.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 501.836 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 610.988 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 618.465 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 125.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -132.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

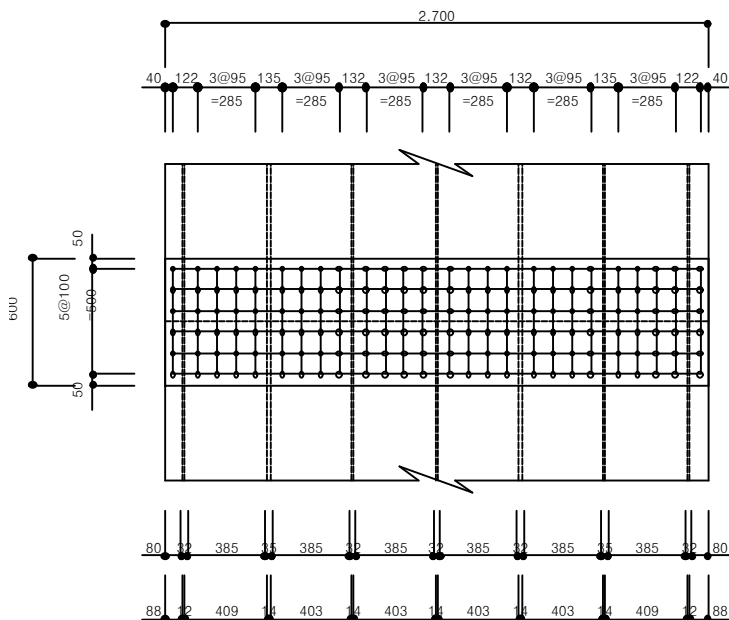
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 125.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 65 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 32400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 78923.1 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.018\text{E}+05 \times 5.979\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{6.110\text{E}+05 \times 2.489\text{E}+07}{4.58353\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 5621 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (501.84 kN) , S_v : 합성후 전단력 (610.99 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 16 \times (1391.96 - 8.0) = 59787072 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 16 \times (584.20 - 8.0) = 24891926 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

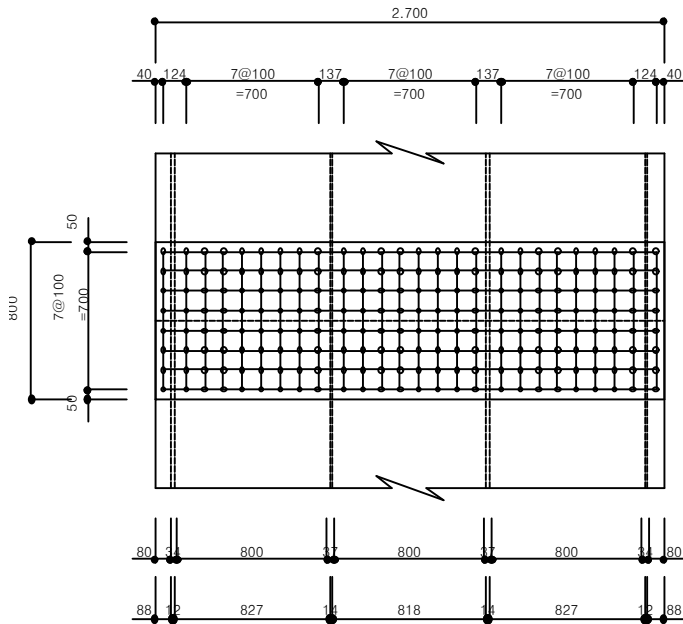
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 5621.2^2)} = 79123.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 132.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께: } T_u = 22 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이: } L = 2700 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 44550.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.018\text{E}+05 \times 7.336\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{6.110\text{E}+05 \times 1.213\text{E}+08}{4.58353\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 8315 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(501.836 kN) , S_v : 합성후 전단력(610.988 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1246.04 - 11.0) = 73361376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (2053.80 - 11.0) = 121342201 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 8315.4^2)} = 81813.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

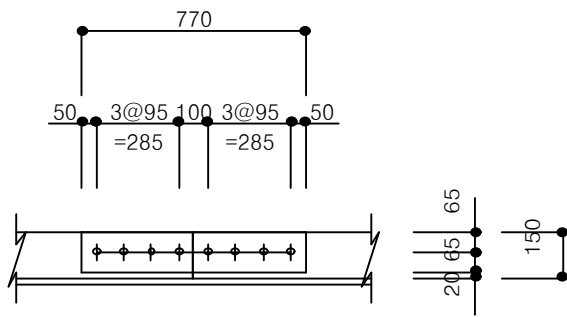
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 22 \times 2700 = 59400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 22 \times (2700 - 25 \times 26) = 45100.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

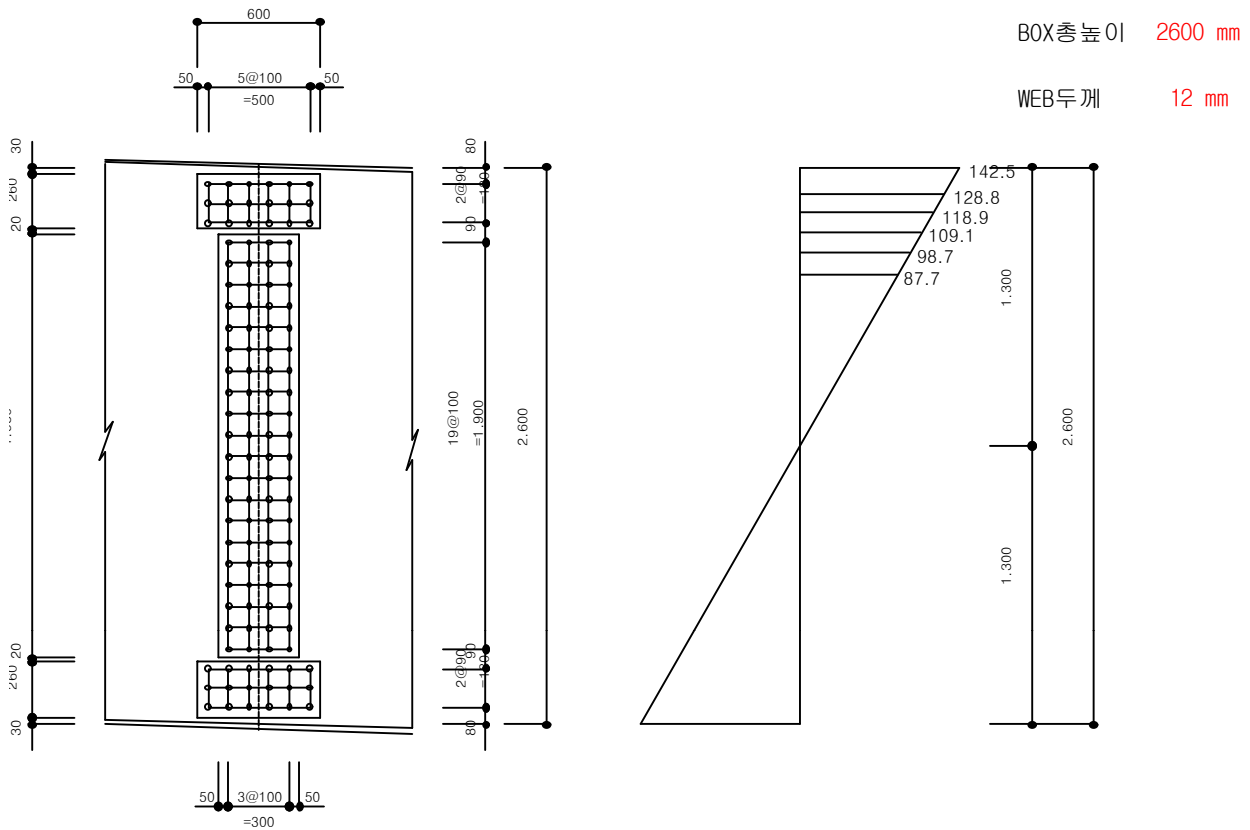
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1112.8 \times 1000}{2} + \frac{618.5 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 11715.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 11715.8^2} = 68828.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13913.6 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1058.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 12958.6 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 998.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 13913.6 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 12958.6 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.32207E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 4.58353E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1246.04)^2 = 1.30526E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2053.80 - 1300.00)^2 = 3.54385E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1392.0 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1246.0 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 584.2 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2053.8 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{1058.581 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{998.124 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202 \\
 &= 112.889 + 16.454 = 129.343 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{1058.581 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{998.124 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798 \\
 &= 101.055 + 57.845 = 158.900 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

4) SPLICE - 4 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5113.210 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8262.040 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1221.190 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1039.370$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 953.740 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 84.3 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -87.6$ MPa

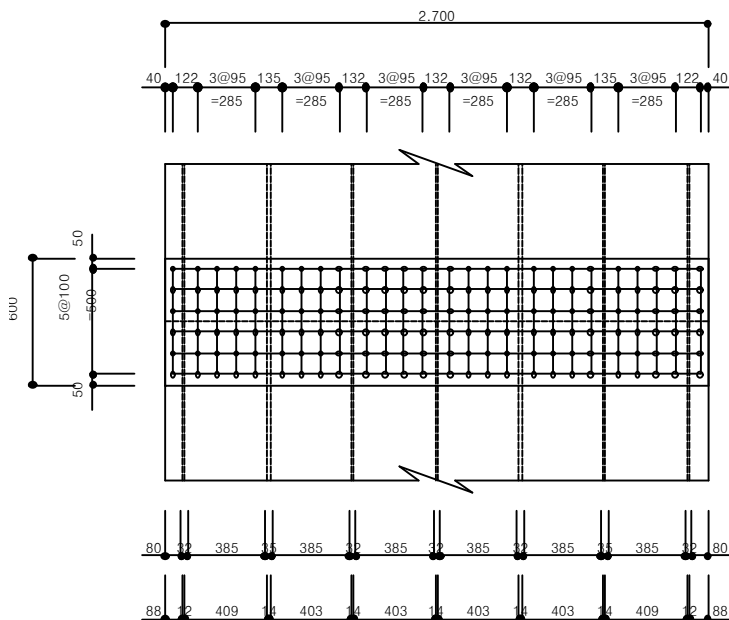
강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

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

$$f_s = 84.3 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \div 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 24300.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.221\text{E}+06 \times 4.218\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{1.039\text{E}+06 \times 1.501\text{E}+07}{3.59724\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 11570 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1221.19 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1039.37 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1307.74 - 6.0) = 42176376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (469.32 - 6.0) = 15011698 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.59724\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

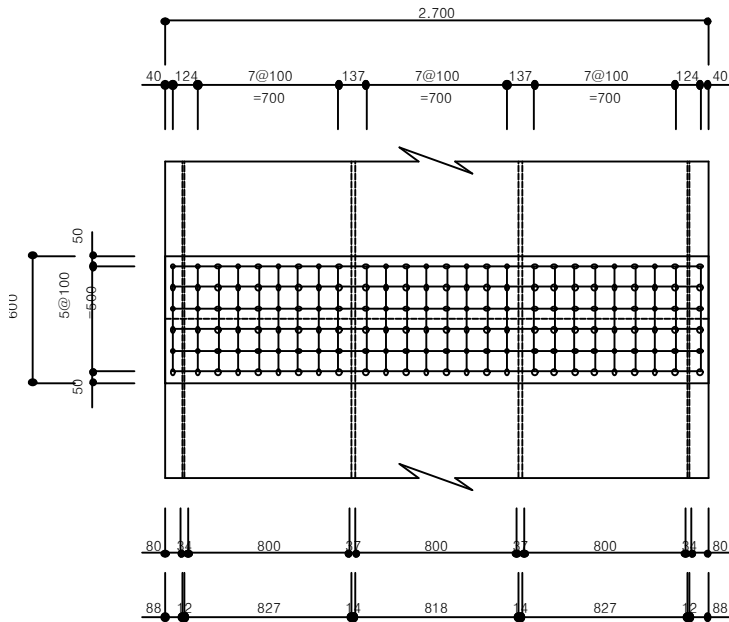
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 11570.1^2)} = 60312.5 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 87.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{1.221\text{E}+06 \times 4.957\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{1.039\text{E}+06 \times 8.126\text{E}+07}{3.59724\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 19960 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1221.190 kN) , S_v : 합성후 전단력(1039.370 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1318.26 - 7.0) = 49565628 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2156.68 - 7.0) = 81257753 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.59724\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 19959.8^2)} = 71884.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

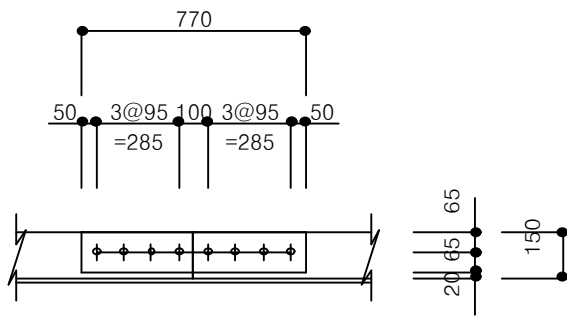
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

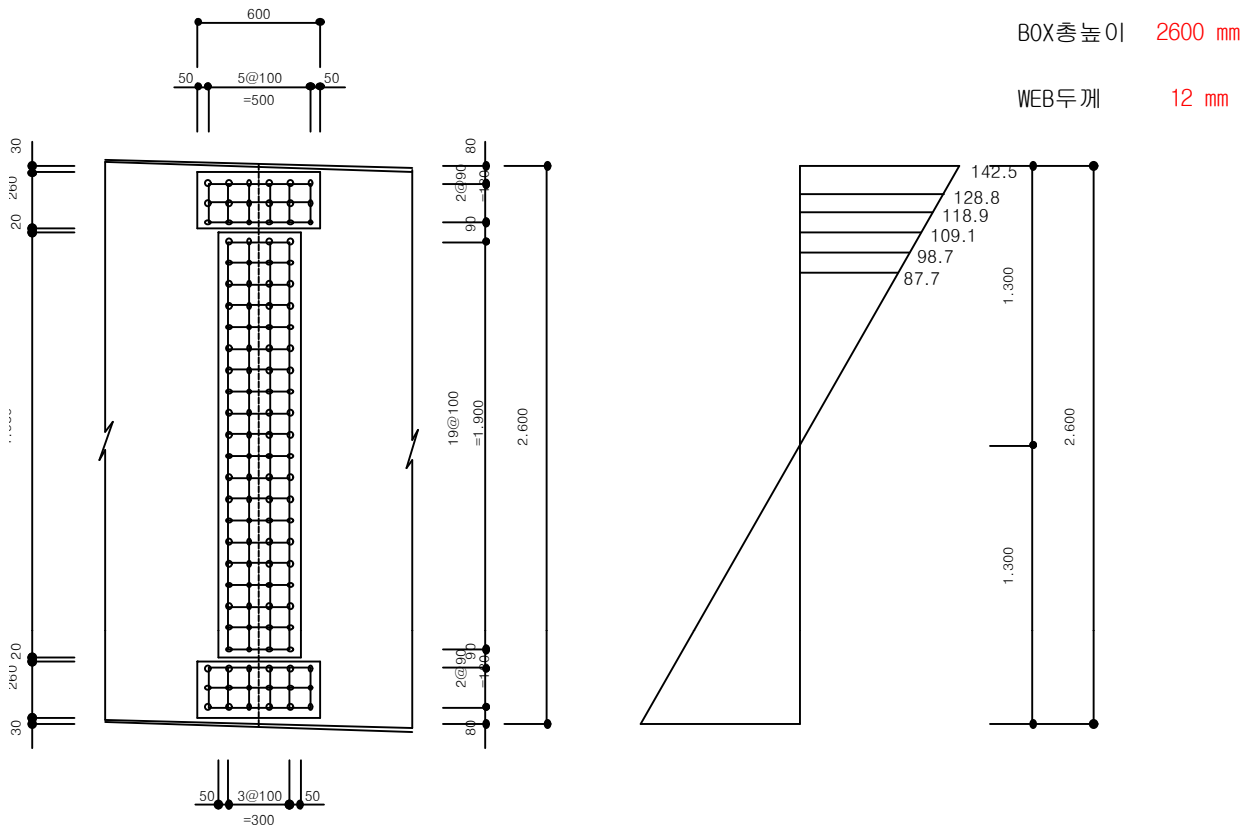
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{2260.6 \times 1000}{2} + \frac{953.7 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 22760.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 22760.6^2} = 71541.7 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5113.2 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 507.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 8262.0 \times \frac{4.04735E+10}{3.59724E+11} = 929.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 5113.2 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 8262.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.59724E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1318.26)^2 = 1.29505E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2156.68 - 1300.00)^2 = 4.19995E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1307.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1318.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 469.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2156.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{507.834 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{929.584 \times 1E+06}{41999513251} \times 469.324 \\
 &= 51.281 + 10.388 = 61.669 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{507.834 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{929.584 \times 1E+06}{41999513251} \times 2156.676 \\
 &= 51.693 + 47.734 = 99.428 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

5) SPLICE - 5 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = -10836.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9928.950 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1936.340 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1522.410 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1170.440 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -104.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 140.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

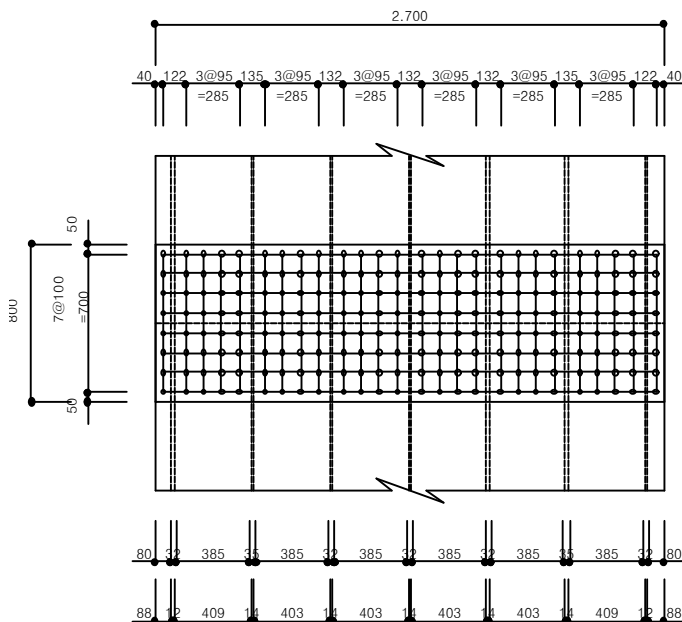
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 140.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 22 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 800 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 800 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 800 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 44550.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.936\text{E}+06 \times 7.319\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.522\text{E}+06 \times 9.027\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 27372 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1936.34 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1522.41 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1243.09 - 11.0) = 73186146 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (1530.63 - 11.0) = 90266022 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

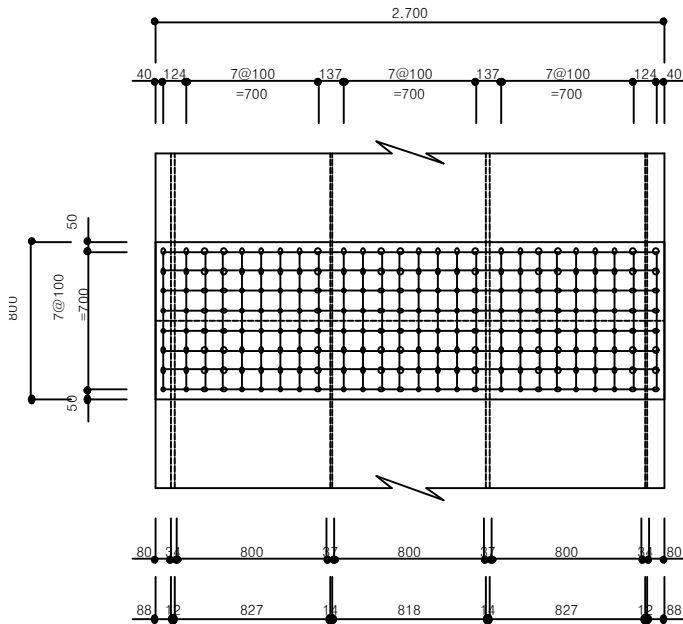
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 27371.7^2)} = 85868.8 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 104.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 20 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 81 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{20.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 40500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 40500.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{20 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 161.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 73990.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{1.936\text{E}+06 \times 7.500\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.522\text{E}+06 \times 5.947\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 23852 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1936.340 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1522.410 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 20 \times (1398.91 - 10.0) = 75001140 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 20 \times (1111.37 - 10.0) = 59473980 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73990.4^2 + 23852.1^2)} = 77740.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

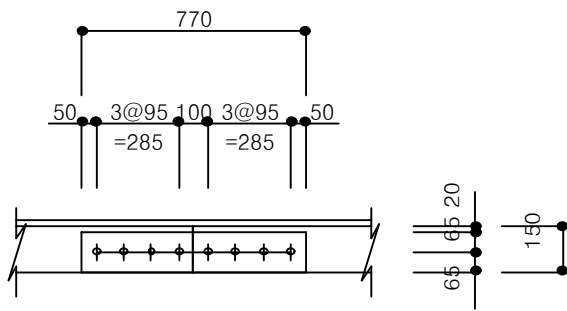
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 20 \times 2700 = 54000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 20 \times (2700 - 25 \times 26) = 41000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{54000.0 \times 142.5}{41000.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

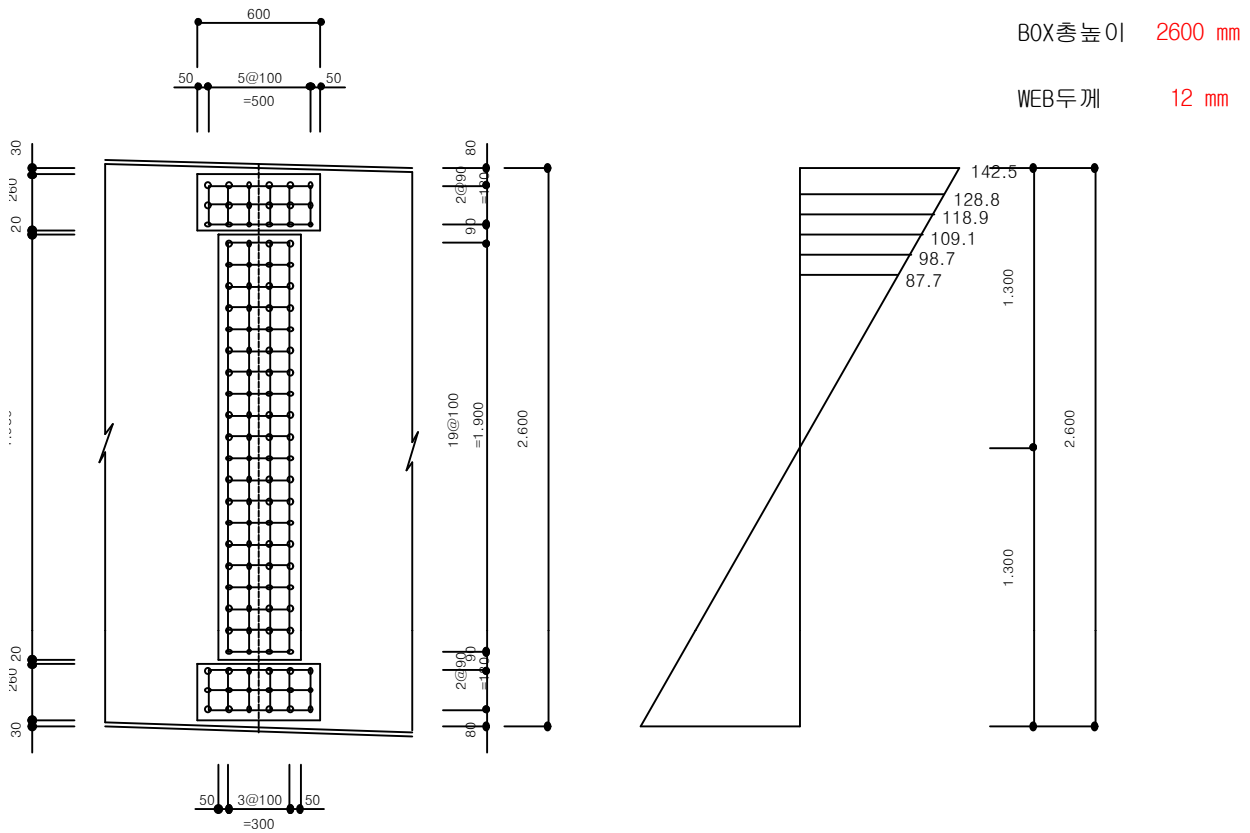
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{3458.8 \times 1000}{2} + \frac{1170.4 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 33833.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 33833.5^2} = 75794.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 10836.8 \times \frac{1.76770E+10}{2.31414E+11} = 827.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 9929.0 \times \frac{1.92355E+10}{3.10951E+11} = 614.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 10836.8 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 9929.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.31414E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.10951E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1243.09)^2 = 1.30656E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (1530.63 - 1300.00)^2 = 1.50437E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1398.9 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1243.1 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1111.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1530.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{827.791 \times 1E+06}{13065574425} \times 1398.910 + \frac{614.208 \times 1E+06}{15043651797} \times 1111.370 \\
 &= 88.630 + 45.375 = 134.006 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{827.791 \times 1E+06}{13065574425} \times 1243.090 + \frac{614.208 \times 1E+06}{15043651797} \times 1530.630 \\
 &= 78.758 + 62.493 = 141.251 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

6) SPLICE - 6 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = -10554.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9389.610 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1581.230 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1382.870 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 983.185 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -100.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 139.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

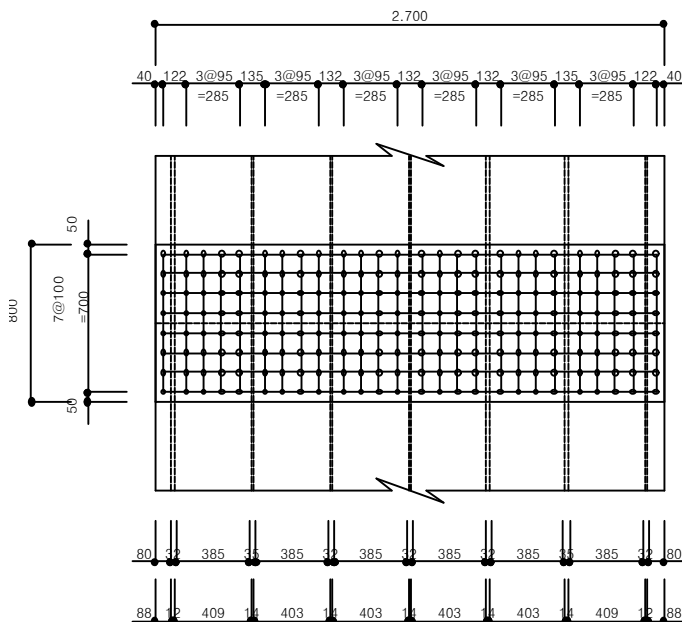
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 139.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 22 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 800 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 800 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 800 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 44550.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.581\text{E}+06 \times 7.319\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.383\text{E}+06 \times 9.027\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 23405 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1581.23 kN) , S_v : 합성후 전단력(1382.87 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1243.09 - 11.0) = 73186146 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (1530.63 - 11.0) = 90266022 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

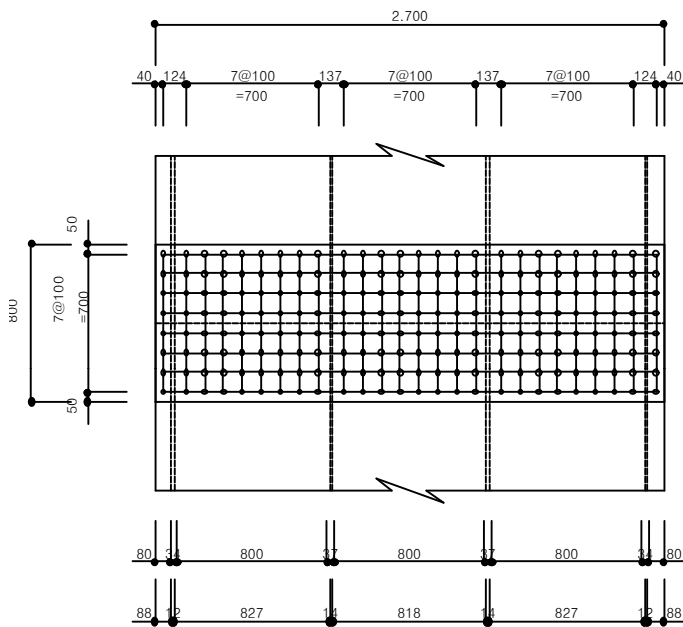
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 23404.5^2)} = 84687.7 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 100.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 20 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \div 81 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{20.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 40500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 40500.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{20 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 161.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 73990.4 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.581\text{E}+06 \times 7.500\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.383\text{E}+06 \times 5.947\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 20171 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1581.230 kN) , S_v : 합성후 전단력(1382.870 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 20 \times (1398.91 - 10.0) = 75001140 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 20 \times (1111.37 - 10.0) = 59473980 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73990.4^2 + 20171.3^2)} = 76690.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

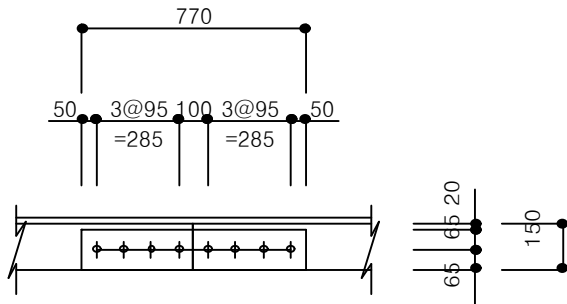
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 20 \times 2700 = 54000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 20 \times (2700 - 25 \times 26) = 41000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{54000.0 \times 142.5}{41000.0} = 187.7 \leq f_a \quad 0.K$$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

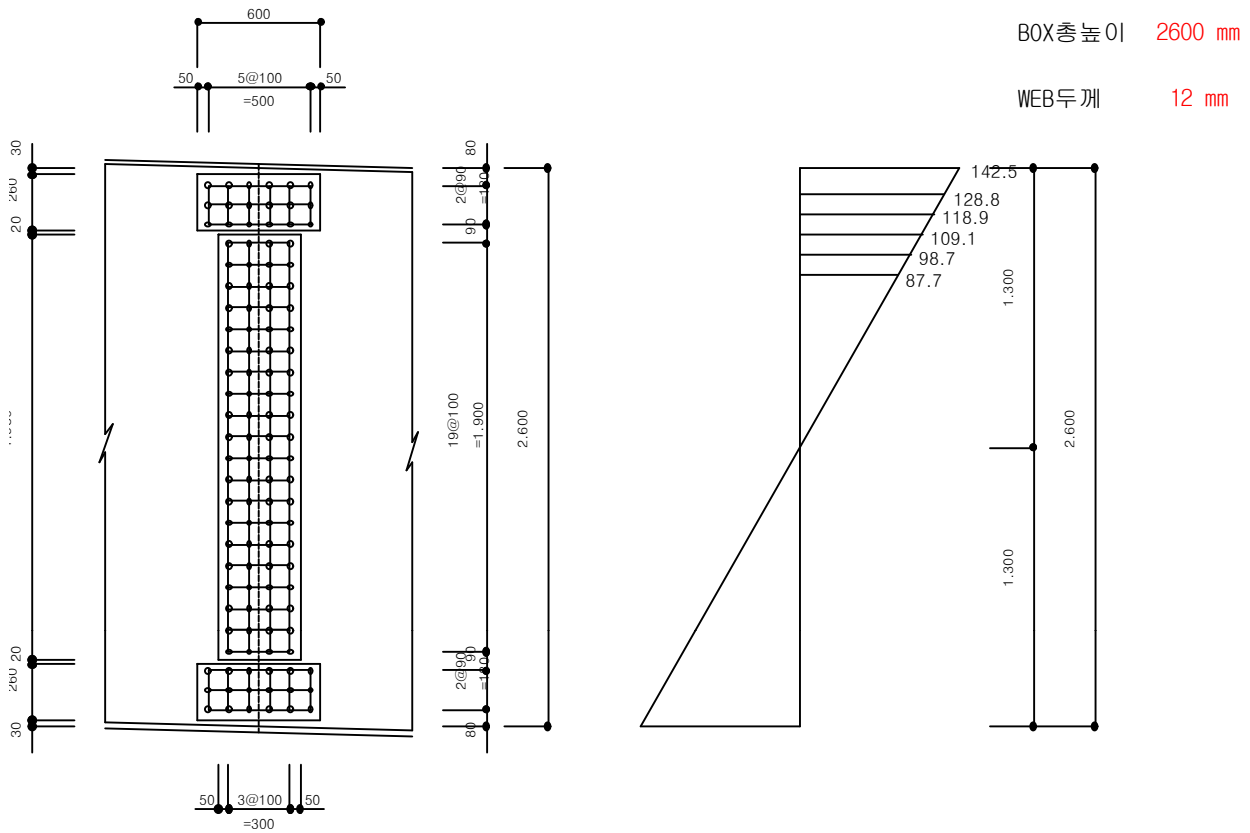
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{2964.1 \times 1000}{2} + \frac{983.2 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 28926.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 28926.7^2} = 73735.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 10554.3 \times \frac{1.76770E+10}{2.31414E+11} = 806.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 9389.6 \times \frac{1.92355E+10}{3.10951E+11} = 580.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 10554.3 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 9389.6 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.31414E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.10951E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1243.09)^2 = 1.30656E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (1530.63 - 1300.00)^2 = 1.50437E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1398.9 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1243.1 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1111.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1530.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{806.211 \times 1E+06}{13065574425} \times 1398.910 + \frac{580.844 \times 1E+06}{15043651797} \times 1111.370 \\
 &= 86.320 + 42.911 = 129.230 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{806.211 \times 1E+06}{13065574425} \times 1243.090 + \frac{580.844 \times 1E+06}{15043651797} \times 1530.630 \\
 &= 76.705 + 59.099 = 135.803 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

7) SPLICE - 7 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4810.730 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8052.210 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 495.089 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 696.371 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 599.352 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 78.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -84.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

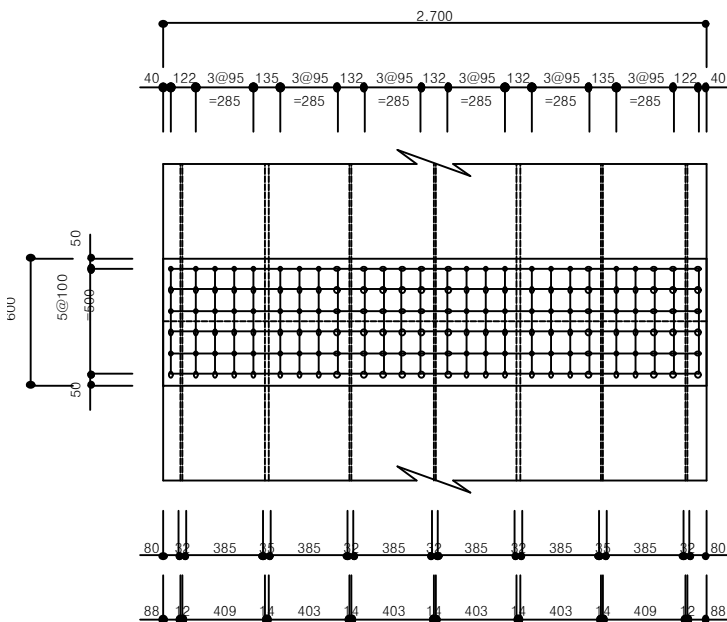
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 78.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 24300.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.951\text{E}+05 \times 4.218\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{6.964\text{E}+05 \times 1.520\text{E}+07}{3.58451\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 5104 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (495.09 kN) , S_v : 합성후 전단력 (696.37 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1307.74 - 6.0) = 42176376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (475.12 - 6.0) = 15199520 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.58451\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

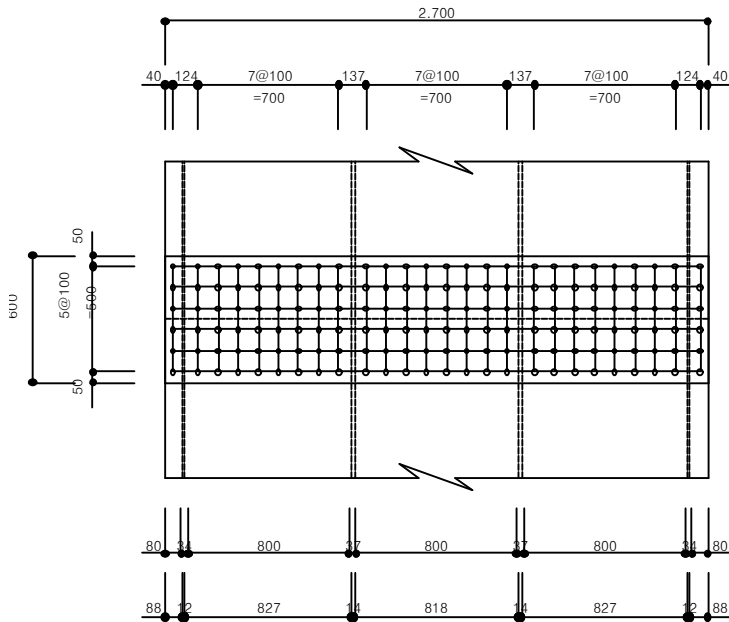
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 5104.1^2)} = 59412.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 84.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{4.951\text{E}+05 \times 4.957\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{6.964\text{E}+05 \times 8.104\text{E}+07}{3.58451\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 10247 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(495.089 kN) , S_v : 합성후 전단력(696.371 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1318.26 - 7.0) = 49565628 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2150.88 - 7.0) = 81038626 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.58451\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 10246.8^2)} = 69813.8 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

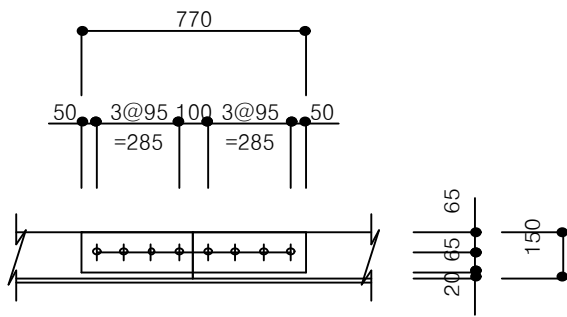
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

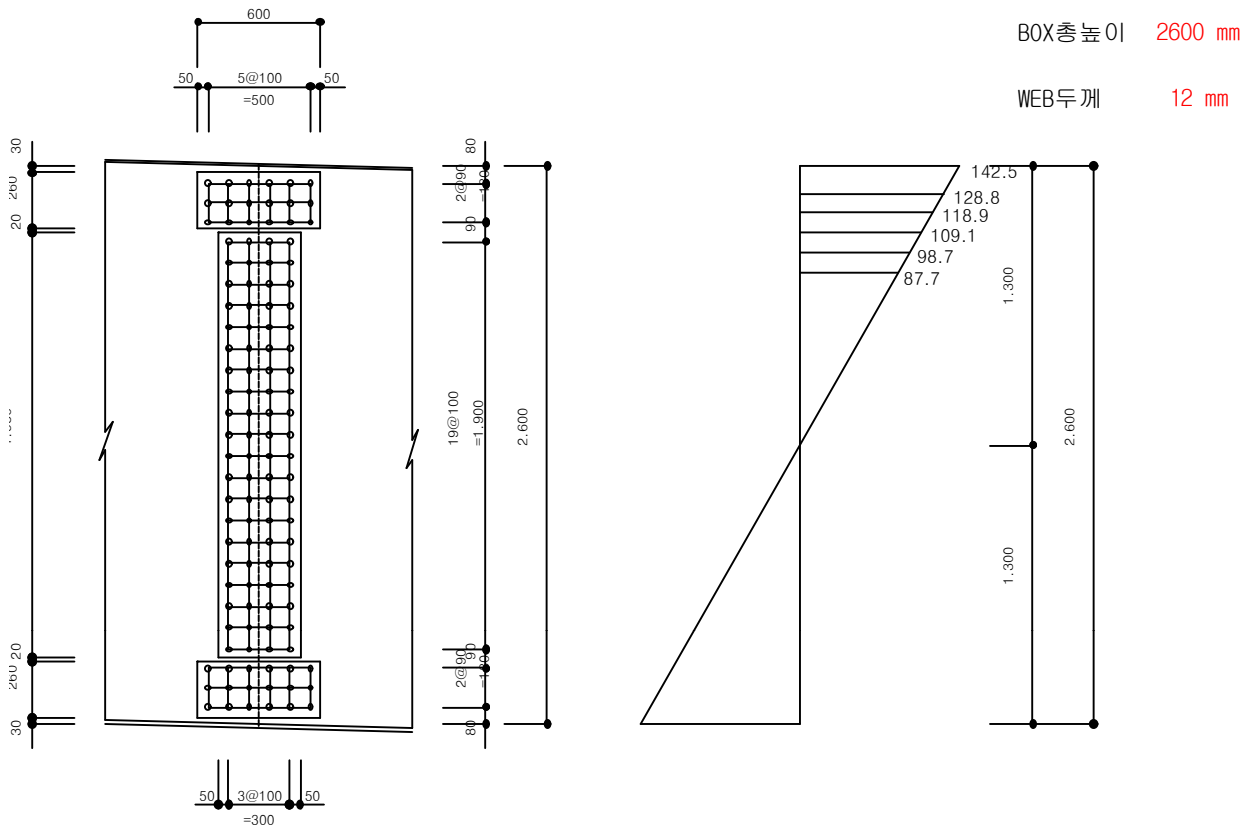
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1191.5 \times 1000}{2} + \frac{599.4 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 12328.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 12328.1^2} = 68935.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4810.7 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 477.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 8052.2 \times \frac{4.01646E+10}{3.58451E+11} = 902.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 4810.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 8052.2 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.58451E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1318.26)^2 = 1.29505E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2150.88 - 1300.00)^2 = 4.16075E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1307.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1318.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 475.1 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2150.9 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{477.792 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{902.254 \times 1E+06}{41607524877} \times 475.121 \\
 &= 48.247 + 10.303 = 58.550 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{477.792 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{902.254 \times 1E+06}{41607524877} \times 2150.879 \\
 &= 48.635 + 46.642 = 95.277 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

8) SPLICE - 8 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4872.020 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7727.010 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 486.828 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 757.727 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 685.923 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 85.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -91.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

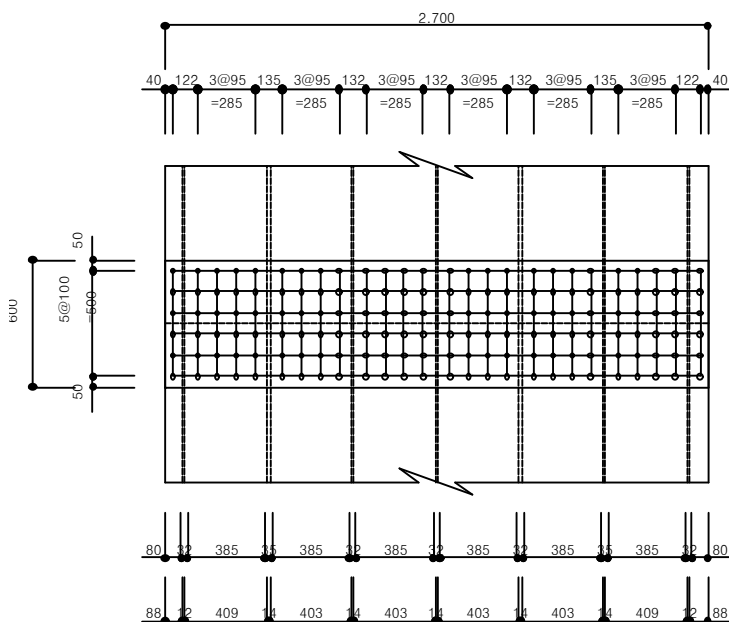
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 85.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 10 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{10 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 41 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{10 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 20250.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 20250.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{10 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 74.420 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{10 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 49326.9 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{4.868\text{E}+05 \times 3.511\text{E}+07}{1.58481\text{E}+11} + \frac{7.577\text{E}+05 \times 1.190\text{E}+07}{3.32030\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 4673 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (486.83 kN) , S_v : 합성후 전단력 (757.73 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 10 \times (1305.33 - 5.0) = 35108910 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 10 \times (445.59 - 5.0) = 11895957 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.58481\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.32030\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

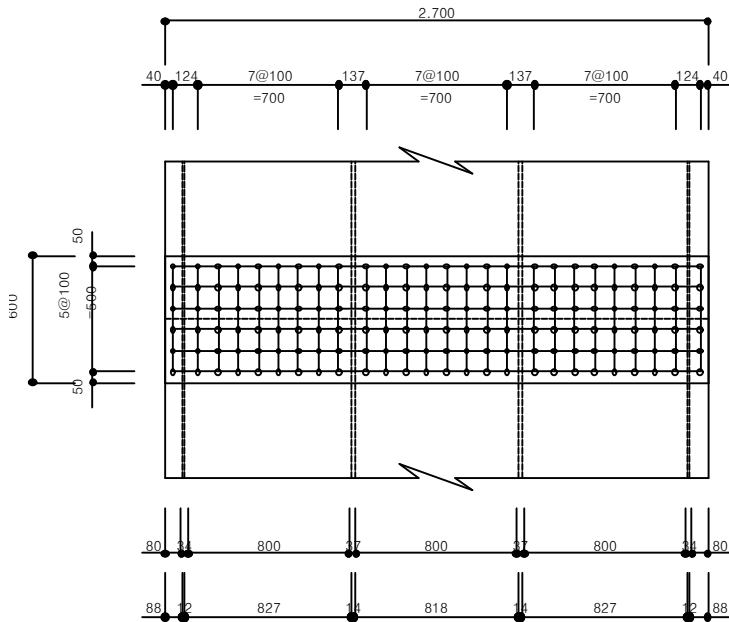
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(49326.9^2 + 4673.0^2)} = 49547.8 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 91.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{12 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 24300.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 97.2 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{4.868E+05 \times 4.247E+07}{1.58481E+11} + \frac{7.577E+05 \times 7.032E+07}{3.32030E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 10071 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (486.828 kN) , S_v : 합성후 전단력 (757.727 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1316.67 - 6.0) = 42465708 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (2176.41 - 6.0) = 70321252 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.58481E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.32030E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 10070.6^2)} = 60042.9 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

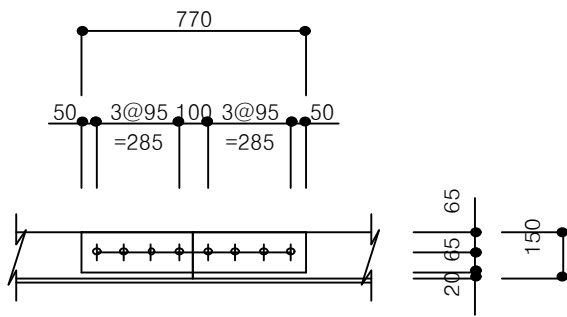
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 12 \times 2700 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 12 \times (2700 - 25 \times 26) = 24600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{32400.0 \times 142.5}{24600.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

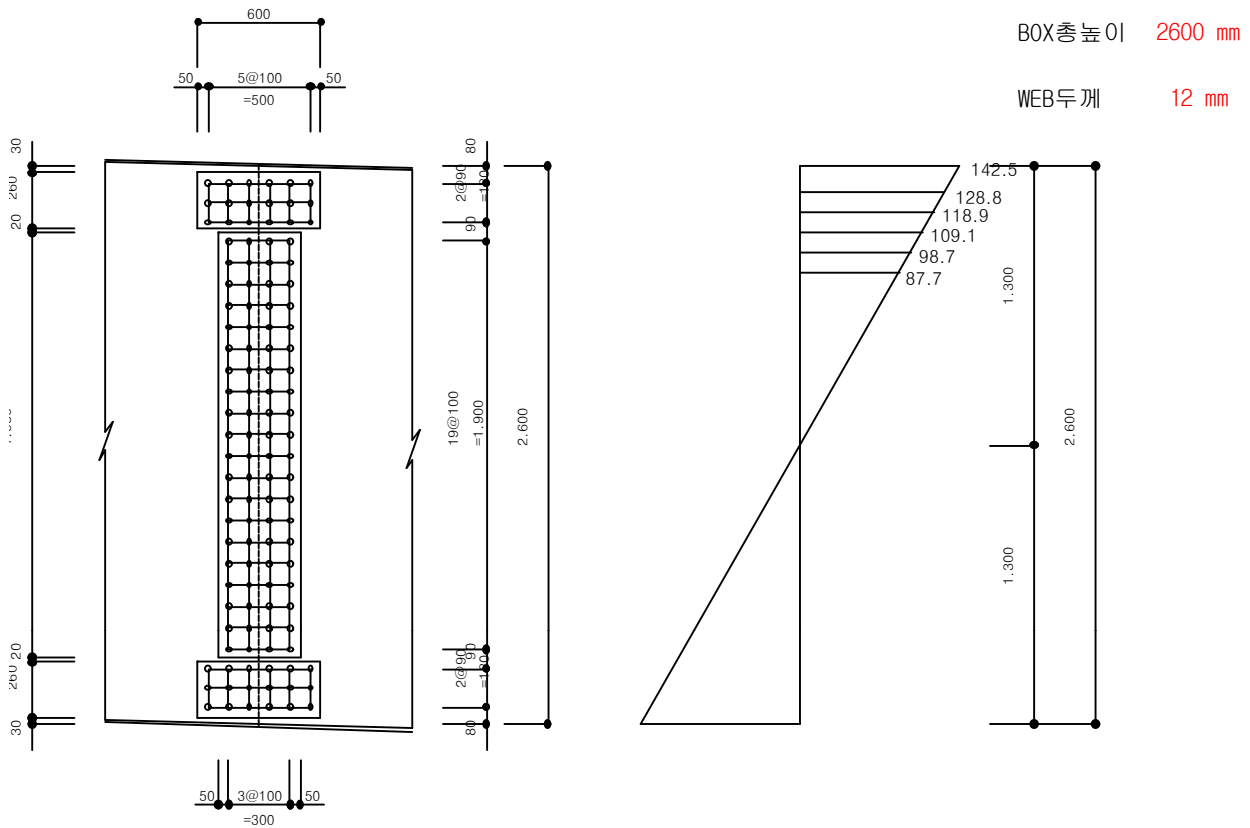
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300 \text{ mm}$

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1244.6 \times 1000}{2} + \frac{685.9 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 13082.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 13082.9^2} = 69074.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4872.0 \times \frac{1.75847E+10}{1.58481E+11} = 540.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7727.0 \times \frac{4.15405E+10}{3.32030E+11} = 966.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 4872.0 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 7727.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.58481E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.32030E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1316.67)^2 = 1.29483E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2176.41 - 1300.00)^2 = 4.33538E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1305.3 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1316.7 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 445.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2176.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{540.589 \times 1E+06}{12948324400} \times 1305.330 + \frac{966.732 \times 1E+06}{43353792317} \times 445.591 \\
 &= 54.497 + 9.936 = 64.433 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{540.589 \times 1E+06}{12948324400} \times 1316.670 + \frac{966.732 \times 1E+06}{43353792317} \times 2176.409 \\
 &= 54.971 + 48.531 = 103.502 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

9) SPLICE - 9 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = -5058.990 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7600.810 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1272.080 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1280.860 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 983.578 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -87.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 130.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

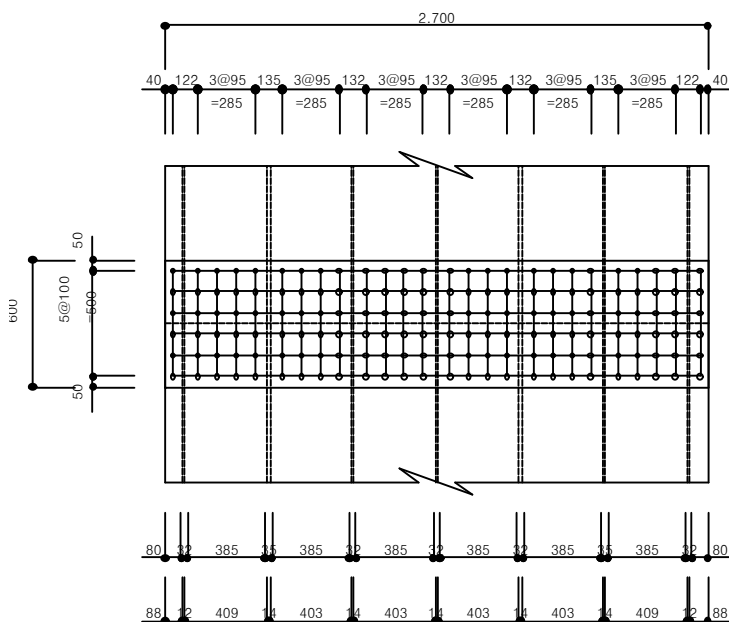
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 130.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 22 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 44550.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 108519.2 \text{ N/EA} > \rho_a \text{ N.G}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.272\text{E}+06 \times 7.087\text{E}+07}{1.46905\text{E}+11} + \frac{1.281\text{E}+06 \times 8.920\text{E}+07}{3.12181\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 33911 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (1272.08 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1280.86 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1204.08 - 11.0) = 70868952 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (1512.64 - 11.0) = 89197416 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.46905\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.12181\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

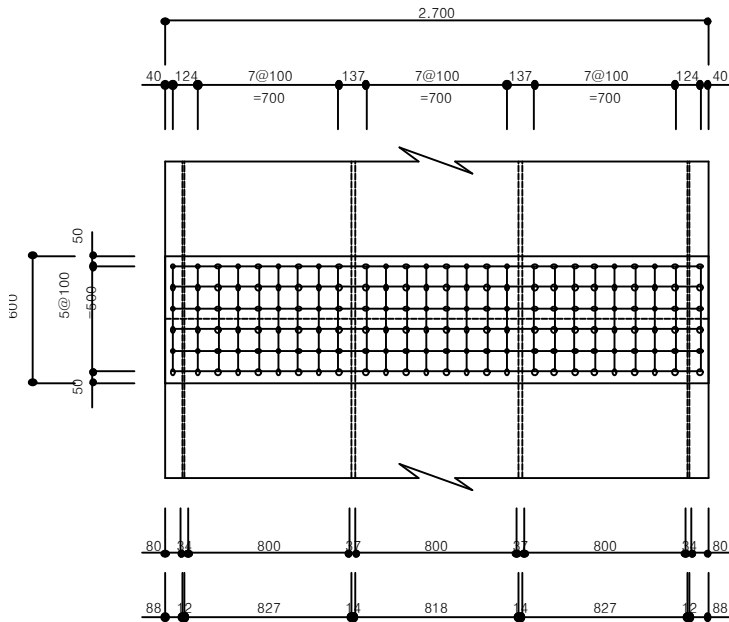
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(##### + 33910.7^2)} = 113694.1 \text{ N/EA} > \rho_a , \text{ N.G}$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 87.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 20 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 81 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{20.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 40500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 40500.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{20 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 161.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 98653.8 \text{ N/EA} > \rho_a \text{ N.G}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.272\text{E}+06 \times 7.711\text{E}+07}{1.46905\text{E}+11} + \frac{1.281\text{E}+06 \times 6.045\text{E}+07}{3.12181\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 31697 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1272.080 kN) , S_v : 합성후 전단력(1280.860 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 20 \times (1437.92 - 10.0) = 77107680 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 20 \times (1129.36 - 10.0) = 60445440 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.46905\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.12181\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(98653.8^2 + 31697.2^2)} = 103621.0 \text{ N/EA} > \rho_a, \text{ N.G}$$

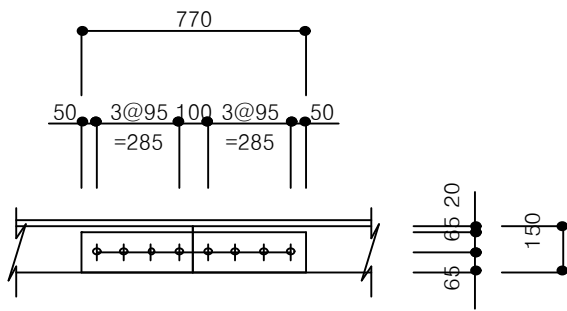
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 20 \times 2700 = 54000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 20 \times (2700 - 25 \times 26) = 41000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{54000.0 \times 142.5}{41000.0} = 187.7 \leq f_a \text{ 0.K}$$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

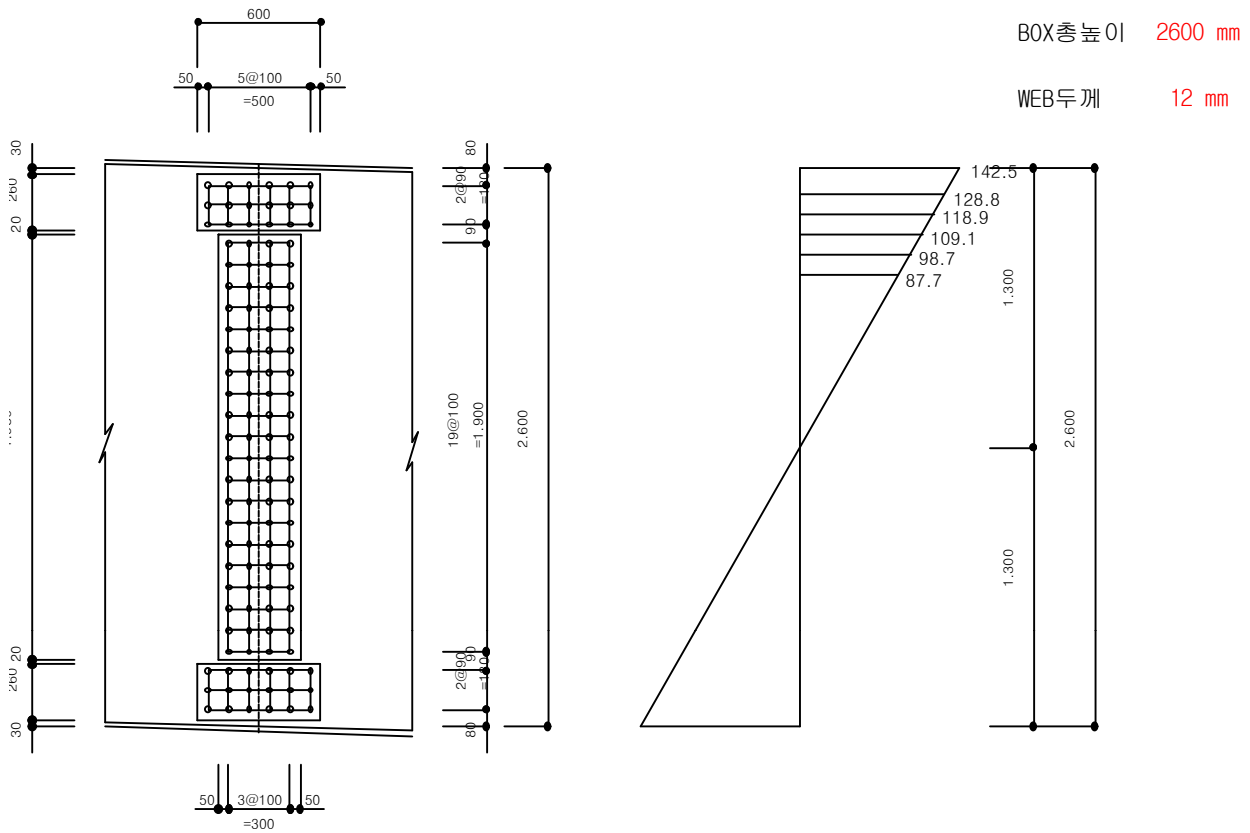
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{2552.9 \times 1000}{2} + \frac{983.6 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 25383.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 25383.5^2} = 72418.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5059.0 \times \frac{1.78631E+10}{1.46905E+11} = 615.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7600.8 \times \frac{1.89867E+10}{3.12181E+11} = 462.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 5059.0 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 7600.8 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.46905E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.12181E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1204.08)^2 = 1.33017E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (1512.64 - 1300.00)^2 = 1.47279E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1437.9 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1204.1 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1129.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1512.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{615.154 \times 1E+06}{13301665597} \times 1437.920 + \frac{462.278 \times 1E+06}{14727864476} \times 1129.360 \\
 &= 66.499 + 35.448 = 101.947 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{615.154 \times 1E+06}{13301665597} \times 1204.080 + \frac{462.278 \times 1E+06}{14727864476} \times 1512.640 \\
 &= 55.684 + 47.479 = 103.163 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

10) SPLICE - 10 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = -5059.690 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7601.770 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1272.110 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1280.880 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 982.941 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -87.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 130.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

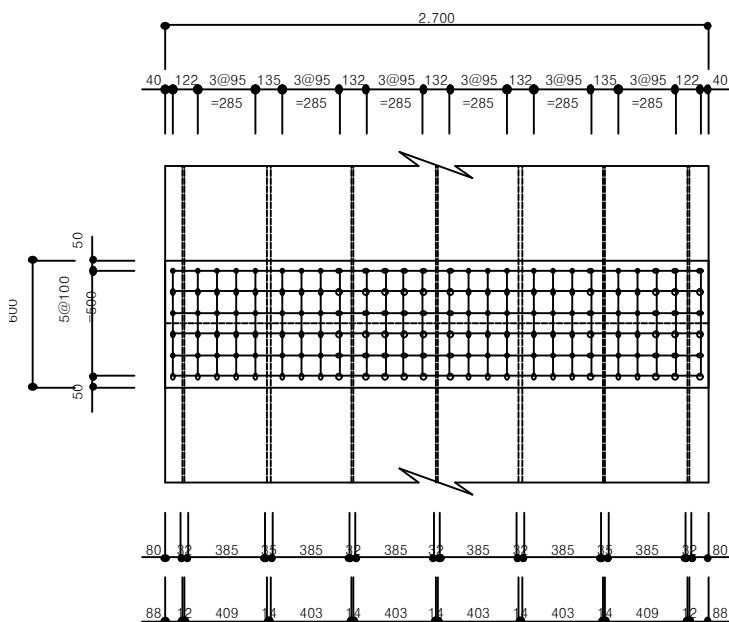
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 130.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 24300.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.272\text{E}+06 \times 3.882\text{E}+07}{1.46905\text{E}+11} + \frac{1.281\text{E}+06 \times 5.100\text{E}+07}{2.24170\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 21724 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1272.11 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1280.88 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1204.08 - 6.0) = 38817792 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (1580.21 - 6.0) = 51004404 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.46905\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.24170\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

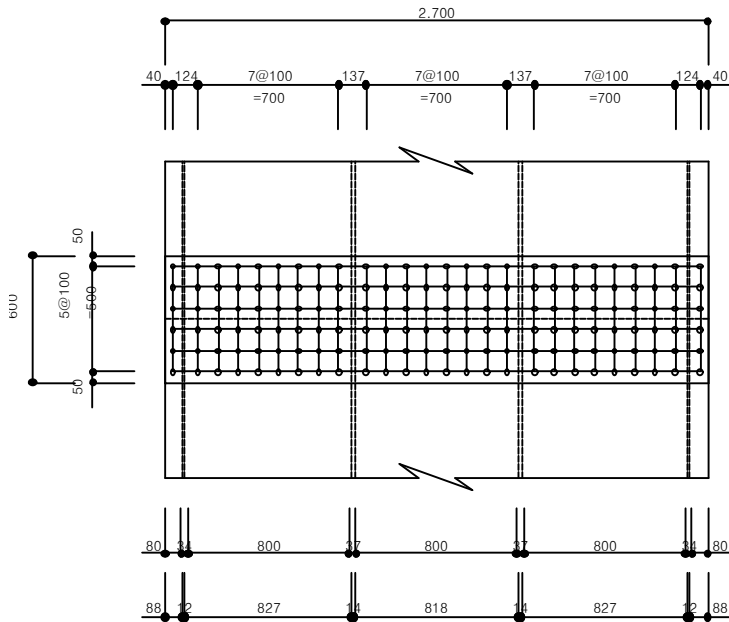
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 21723.7^2)} = 63052.7 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 87.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 10 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{10 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 41 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{10.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 20250.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 20250.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{10 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 81.0 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{10 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 49326.9 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{1.272\text{E}+06 \times 3.815\text{E}+07}{1.46905\text{E}+11} + \frac{1.281\text{E}+06 \times 2.799\text{E}+07}{2.24170\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 16972 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1272.110 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1280.880 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 10 \times (1417.92 - 5.0) = 38148840 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 10 \times (1041.79 - 5.0) = 27993330 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.46905\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.24170\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(49326.9^2 + 16971.8^2)} = 52165.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

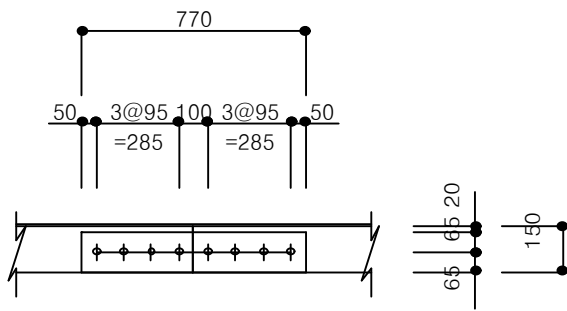
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 10 \times 2700 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 10 \times (2700 - 25 \times 26) = 20500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{27000.0 \times 142.5}{20500.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

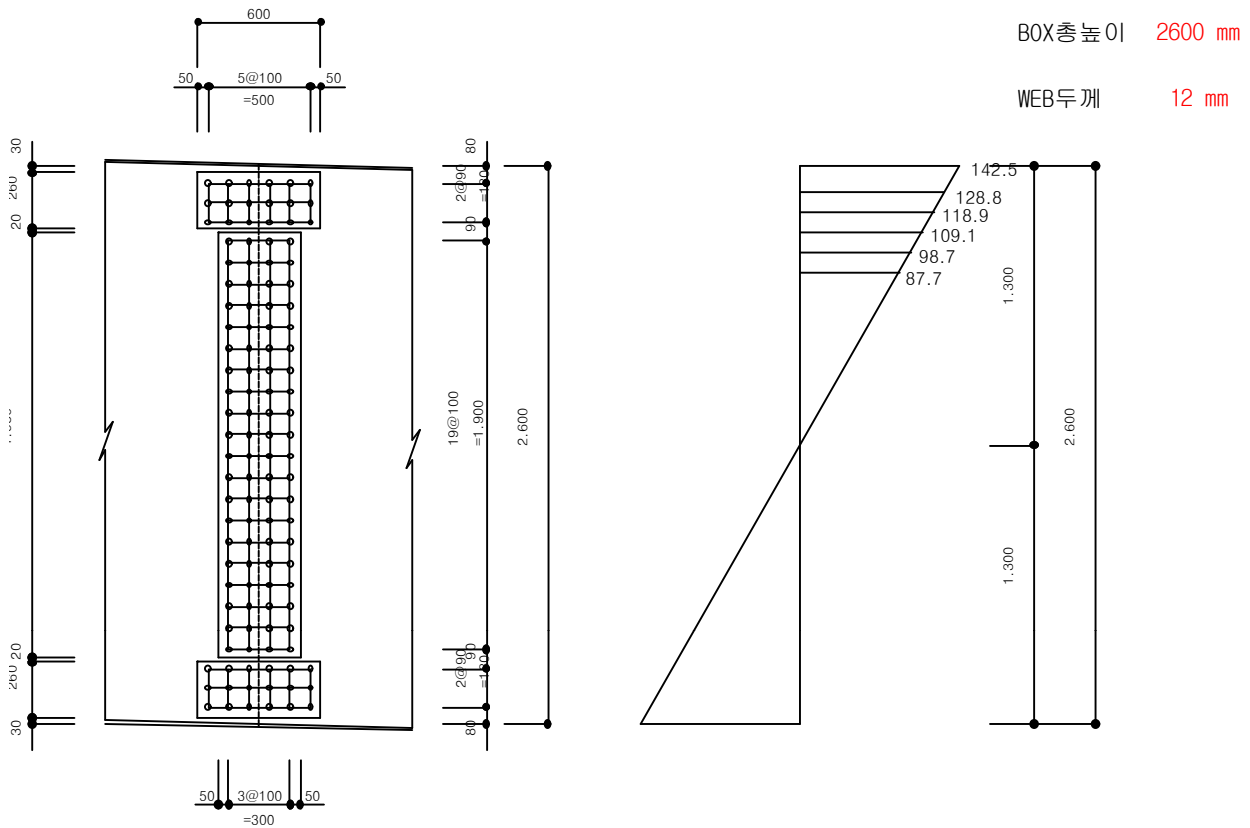
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{2553.0 \times 1000}{2} + \frac{982.9 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 25381.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 25381.8^2} = 72418.2 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5059.7 \times \frac{1.78631E+10}{1.46905E+11} = 615.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7601.8 \times \frac{2.00258E+10}{2.24170E+11} = 679.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 5059.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 7601.8 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.46905E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 2.24170E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1204.08)^2 = 1.33017E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (1580.21 - 1300.00)^2 = 1.60466E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1417.9 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1204.1 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1041.8 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1580.2 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{615.239 \times 1E+06}{13301665597} \times 1417.920 + \frac{679.089 \times 1E+06}{16046618706} \times 1041.790 \\
 &= 65.583 + 44.088 = 109.671 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{615.239 \times 1E+06}{13301665597} \times 1204.080 + \frac{679.089 \times 1E+06}{16046618706} \times 1580.210 \\
 &= 55.692 + 66.874 = 122.566 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

11) SPLICE - 11 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4871.830 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7728.240 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 486.897 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 757.804 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 687.223 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 85.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -91.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

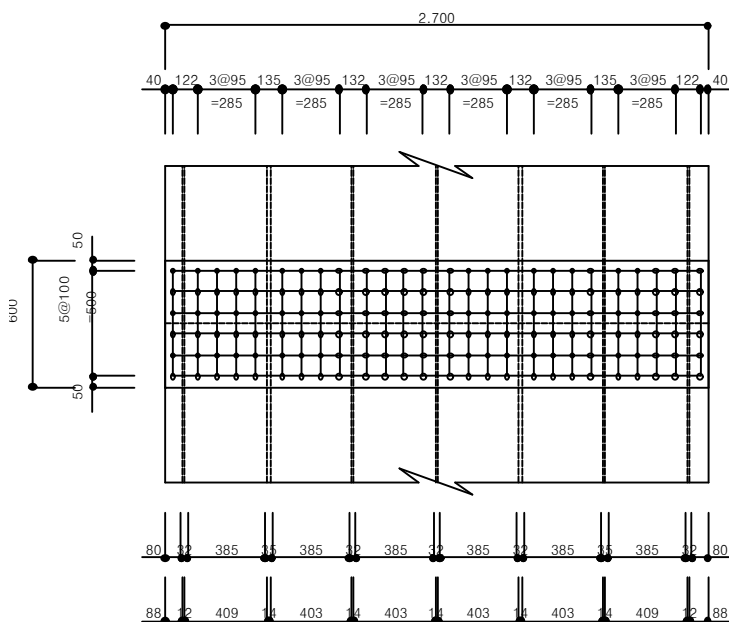
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 85.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 24300.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.869\text{E}+05 \times 4.210\text{E}+07}{1.58481\text{E}+11} + \frac{7.578\text{E}+05 \times 1.513\text{E}+07}{3.32030\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 5673 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(486.90 kN) , S_v : 합성후 전단력(757.80 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1305.33 - 6.0) = 42098292 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (473.12 - 6.0) = 15134720 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.58481\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.32030\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

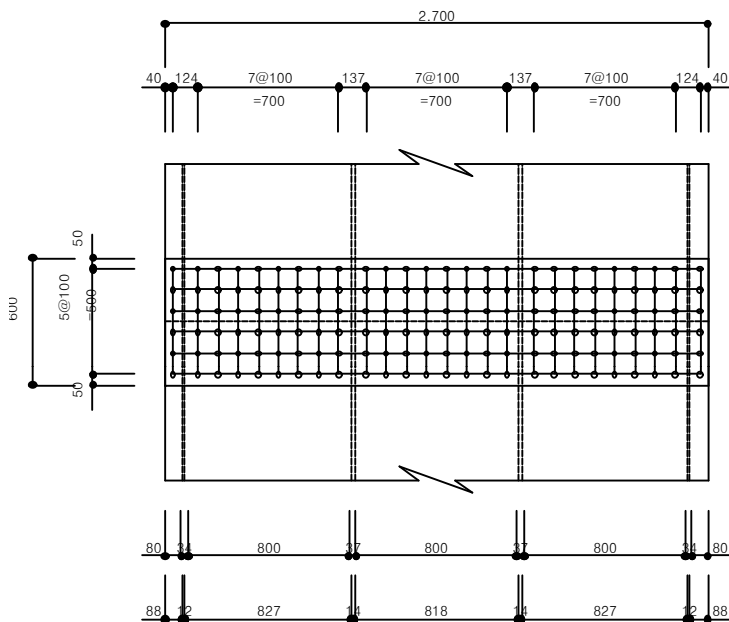
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 5672.8^2)} = 59463.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 91.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: Tu= 14 mm

모재길이: L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \div 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : 2-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.869E+05 \times 4.966E+07}{1.58481E+11} + \frac{7.578E+05 \times 8.111E+07}{3.32030E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 11689 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(486.897 kN) , S_v : 합성후 전단력(757.804 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1320.67 - 7.0) = 49656726 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2152.88 - 7.0) = 81114226 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.58481E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.32030E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 11689.2^2)} = 70040.1 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

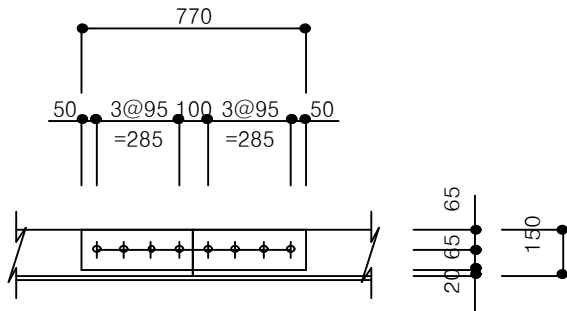
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a \quad 0.K$$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

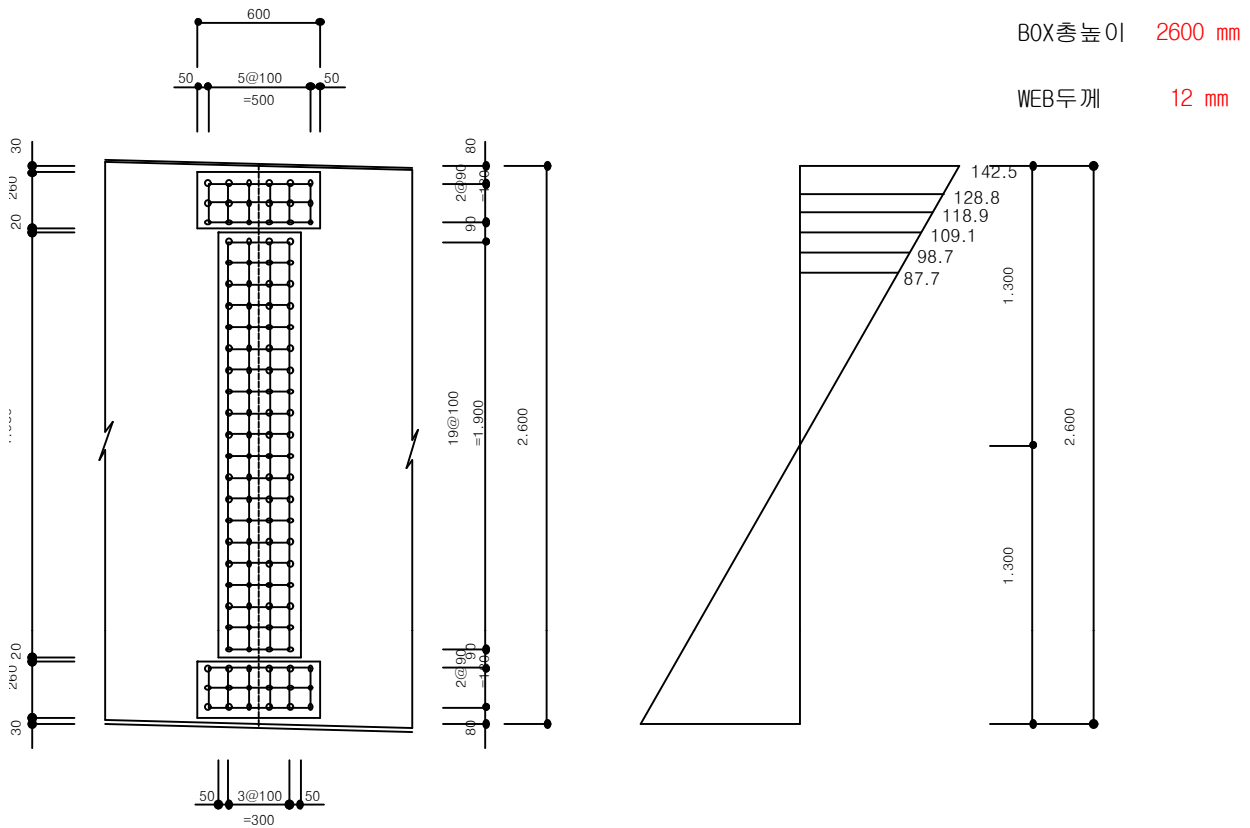
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1244.7 \times 1000}{2} + \frac{687.2 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 13088.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 13088.6^2} = 69075.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4871.8 \times \frac{1.75893E+10}{1.58481E+11} = 540.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7728.2 \times \frac{4.02710E+10}{3.32030E+11} = 937.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 4871.8 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 7728.2 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.58481E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.32030E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1320.67)^2 = 1.29542E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2152.88 - 1300.00)^2 = 4.17425E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1305.3 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1320.7 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 473.1 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2152.9 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{540.711 \times 1E+06}{12954239056} \times 1305.330 + \frac{937.336 \times 1E+06}{41742462510} \times 473.121 \\
 &= 54.485 + 10.624 = 65.109 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{540.711 \times 1E+06}{12954239056} \times 1320.670 + \frac{937.336 \times 1E+06}{41742462510} \times 2152.879 \\
 &= 55.125 + 48.343 = 103.468 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

12) SPLICE - 12 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4811.250 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8053.160 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 495.052 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 696.362 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 598.385 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 78.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -84.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

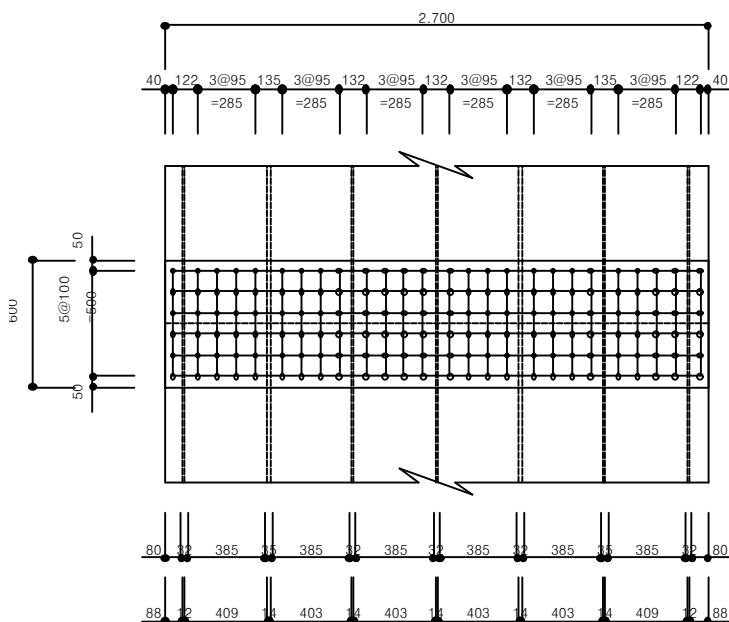
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 78.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 24300.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{4.951\text{E}+05 \times 4.218\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{6.964\text{E}+05 \times 1.520\text{E}+07}{3.58451\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 5104 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (495.05 kN) , S_v : 합성후 전단력 (696.36 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1307.74 - 6.0) = 42176376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (475.12 - 6.0) = 15199520 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.58451\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

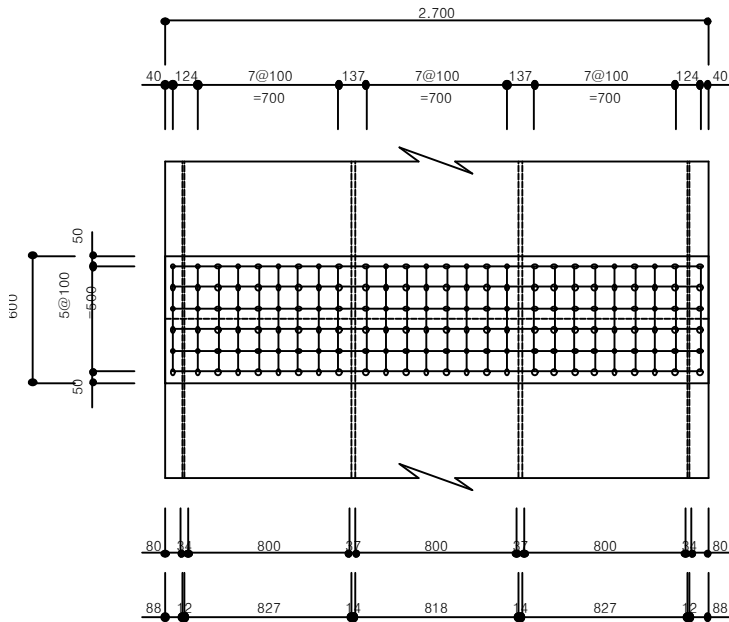
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 5103.8^2)} = 59411.9 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 84.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{4.951\text{E}+05 \times 4.957\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{6.964\text{E}+05 \times 8.104\text{E}+07}{3.58451\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 10246 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(495.052 kN) , S_v : 합성후 전단력(696.362 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1318.26 - 7.0) = 49565628 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2150.88 - 7.0) = 81038626 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.58451\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 10246.4^2)} = 69813.8 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

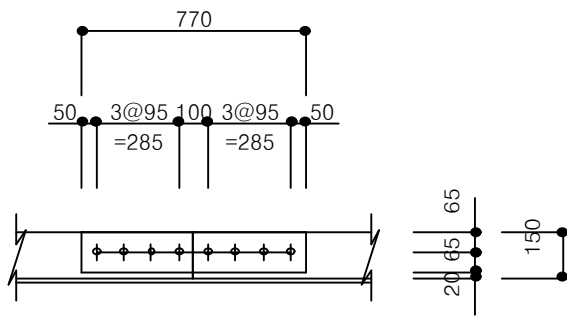
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

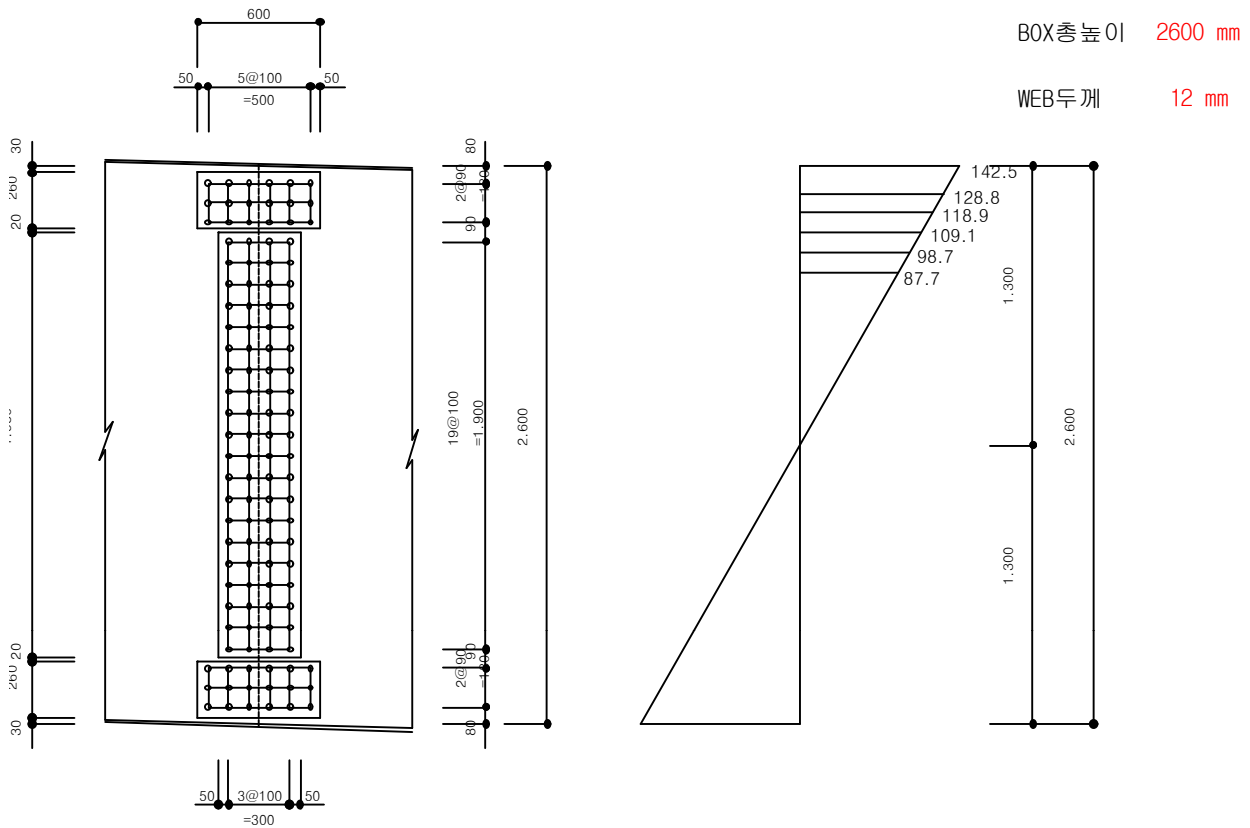
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1191.4 \times 1000}{2} + \frac{598.4 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 12324.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 12324.3^2} = 68935.1 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4811.3 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 477.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 8053.2 \times \frac{4.01646E+10}{3.58451E+11} = 902.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 4811.3 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 8053.2 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.58451E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1318.26)^2 = 1.29505E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2150.88 - 1300.00)^2 = 4.16075E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1307.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1318.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 475.1 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2150.9 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{477.844 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{902.360 \times 1E+06}{41607524877} \times 475.121 \\
 &= 48.253 + 10.304 = 58.557 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{477.844 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{902.360 \times 1E+06}{41607524877} \times 2150.879 \\
 &= 48.641 + 46.647 = 95.288 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

13) SPLICE - 13 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = -10553.200 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9388.240 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1581.220 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1382.870 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 981.489 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -100.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 139.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

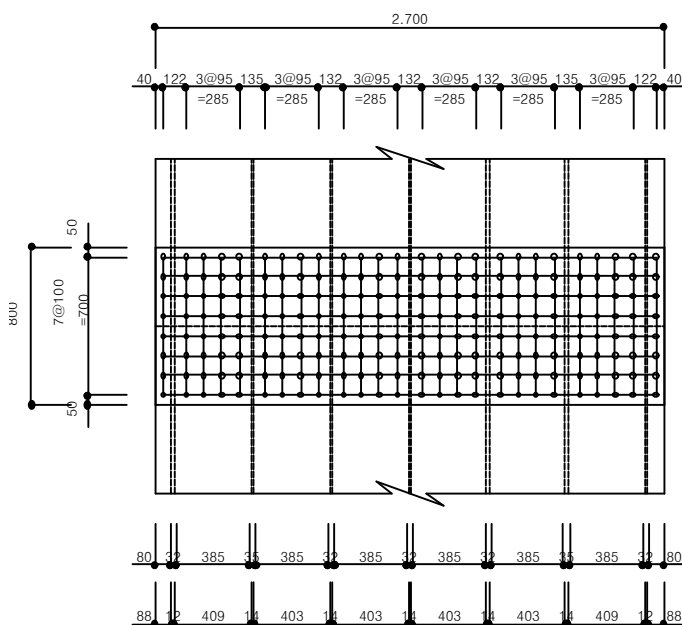
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 139.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 22 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 800 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 800 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 800 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 44550.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.581\text{E}+06 \times 7.319\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.383\text{E}+06 \times 9.027\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 23404 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1581.22 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1382.87 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1243.09 - 11.0) = 73186146 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (1530.63 - 11.0) = 90266022 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

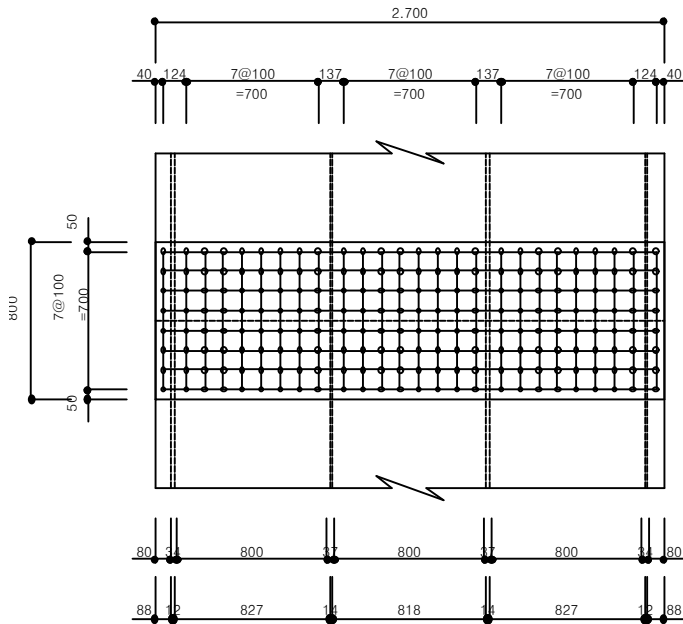
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 23404.4^2)} = 84687.7 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 100.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 20 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 81 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{20.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 40500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 40500.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{20 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 161.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 73990.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{1.581\text{E}+06 \times 7.500\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.383\text{E}+06 \times 5.947\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 20171 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1581.220 kN) , S_v : 합성후 전단력(1382.870 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 20 \times (1398.91 - 10.0) = 75001140 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 20 \times (1111.37 - 10.0) = 59473980 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73990.4^2 + 20171.2^2)} = 76690.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

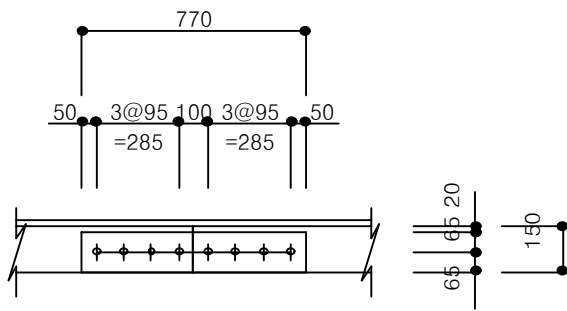
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 20 \times 2700 = 54000.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 20 \times (2700 - 25 \times 26) = 41000.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{54000.0 \times 142.5}{41000.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

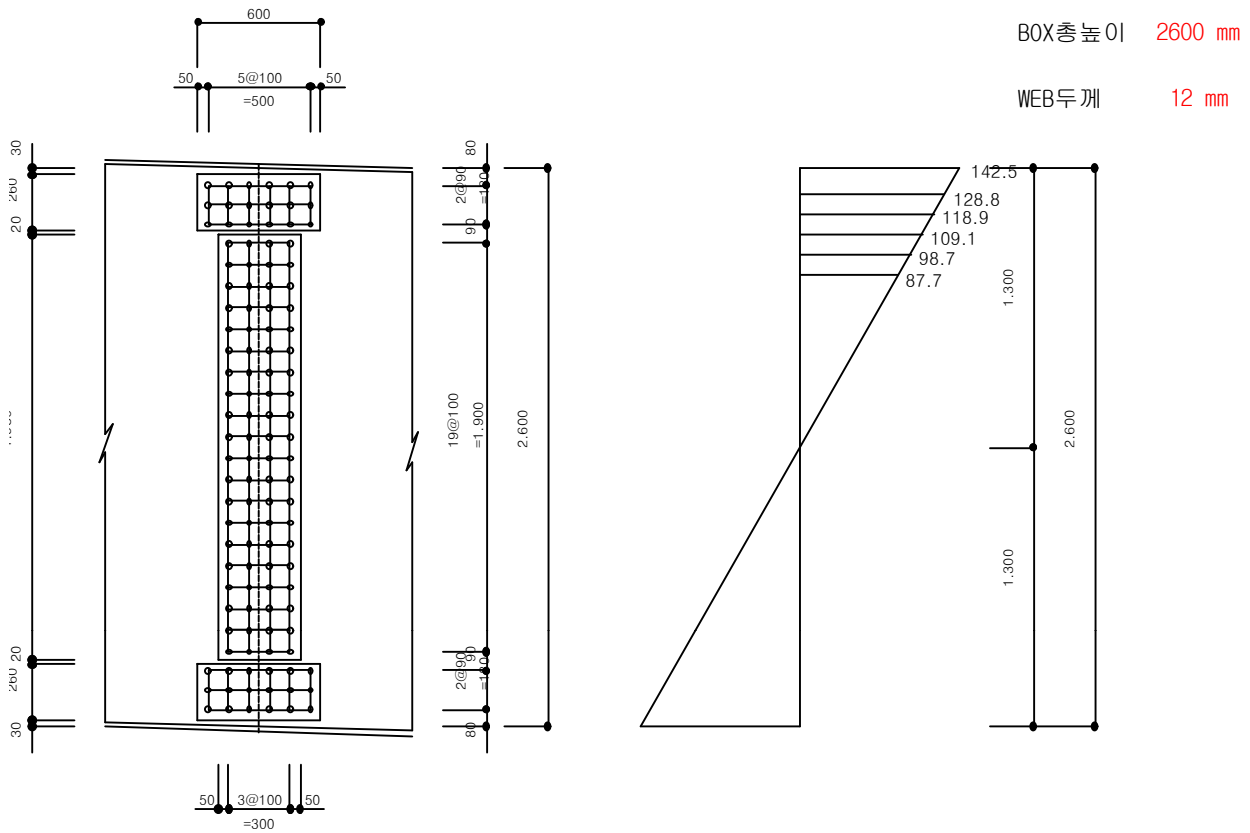
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{2964.1 \times 1000}{2} + \frac{981.5 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 28920.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 28920.8^2} = 73733.1 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 10553.2 \times \frac{1.76770E+10}{2.31414E+11} = 806.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 9388.2 \times \frac{1.92355E+10}{3.10951E+11} = 580.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 10553.2 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 9388.2 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.31414E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.10951E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1243.09)^2 = 1.30656E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (1530.63 - 1300.00)^2 = 1.50437E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1398.9 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1243.1 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1111.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1530.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{806.127 \times 1E+06}{13065574425} \times 1398.910 + \frac{580.759 \times 1E+06}{15043651797} \times 1111.370 \\
 &= 86.311 + 42.904 = 129.215 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{806.127 \times 1E+06}{13065574425} \times 1243.090 + \frac{580.759 \times 1E+06}{15043651797} \times 1530.630 \\
 &= 76.697 + 59.090 = 135.787 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

14) SPLICE - 14 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = -10837.200 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -9928.870 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1936.240 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1522.350 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1169.970 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -104.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 140.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

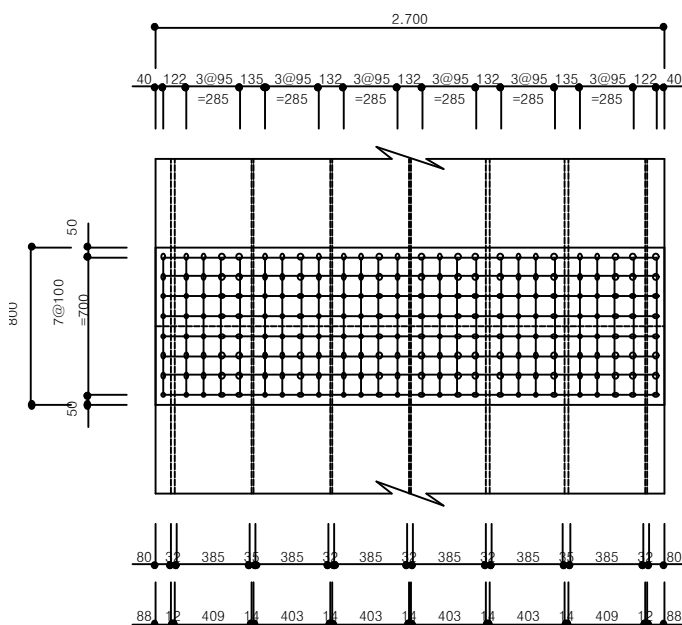
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 140.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 22 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 800 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 800 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 800 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 44550.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.936\text{E}+06 \times 7.319\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.522\text{E}+06 \times 9.027\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 27371 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1936.24 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1522.35 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1243.09 - 11.0) = 73186146 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (1530.63 - 11.0) = 90266022 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

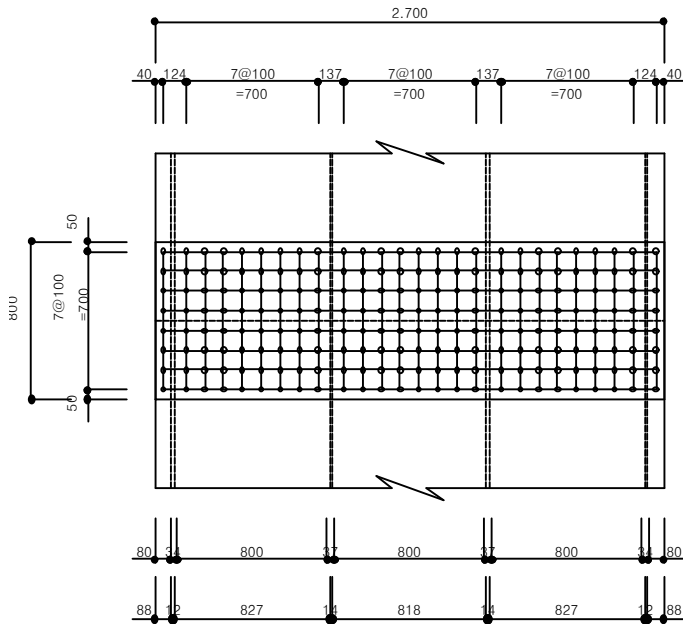
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 27370.5^2)} = 85868.4 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 104.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 20 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 81 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{20.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 40500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 40500.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{20 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 161.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{20 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 73990.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{1.936\text{E}+06 \times 7.500\text{E}+07}{2.31414\text{E}+11} + \frac{1.522\text{E}+06 \times 5.947\text{E}+07}{3.10951\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 23851 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1936.240 kN) , S_v : 합성후 전단력(1522.350 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 20 \times (1398.91 - 10.0) = 75001140 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 20 \times (1111.37 - 10.0) = 59473980 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.31414\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.10951\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73990.4^2 + 23851.0^2)} = 77739.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

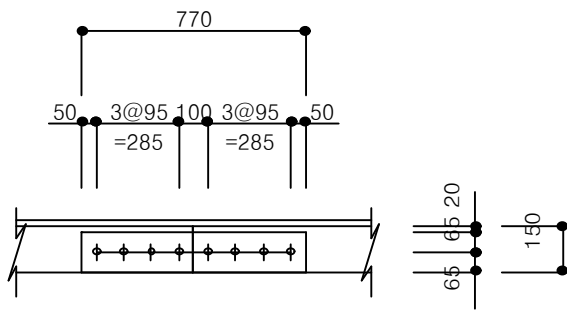
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 20 \times 2700 = 54000.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} = 20 \times (2700 - 25 \times 26) = 41000.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{54000.0 \times 142.5}{41000.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

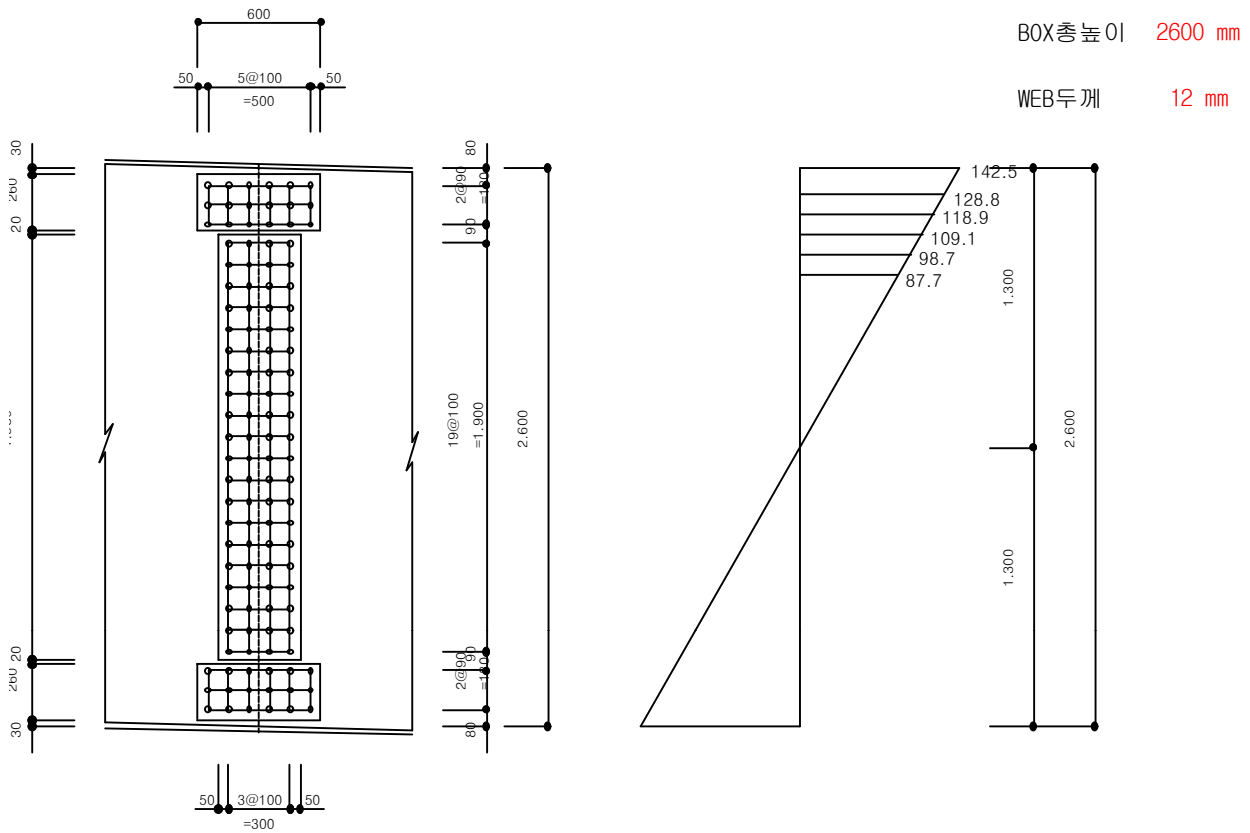
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{3458.6 \times 1000}{2} + \frac{1170.0 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 33830.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 33830.5^2} = 75793.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 10837.2 \times \frac{1.76770E+10}{2.31414E+11} = 827.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 9928.9 \times \frac{1.92355E+10}{3.10951E+11} = 614.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 10837.2 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 9928.9 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.31414E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.10951E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1243.09)^2 = 1.30656E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (1530.63 - 1300.00)^2 = 1.50437E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1398.9 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1243.1 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1111.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1530.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{827.821 \times 1E+06}{13065574425} \times 1398.910 + \frac{614.203 \times 1E+06}{15043651797} \times 1111.370 \\
 &= 88.633 + 45.375 = 134.009 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{827.821 \times 1E+06}{13065574425} \times 1243.090 + \frac{614.203 \times 1E+06}{15043651797} \times 1530.630 \\
 &= 78.761 + 62.493 = 141.254 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

15) SPLICE - 15 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5111.940 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 8263.170 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1221.240 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1039.420 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 954.631 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 84.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -87.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

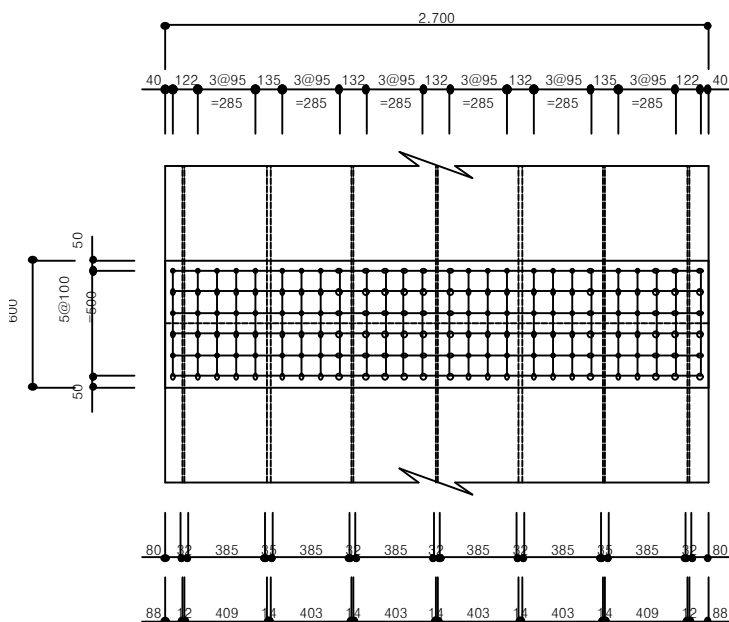
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 84.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 24300.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.221\text{E}+06 \times 4.218\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{1.039\text{E}+06 \times 1.501\text{E}+07}{3.59724\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 11571 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (1221.24 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1039.42 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1307.74 - 6.0) = 42176376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (469.32 - 6.0) = 15011698 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.59724\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

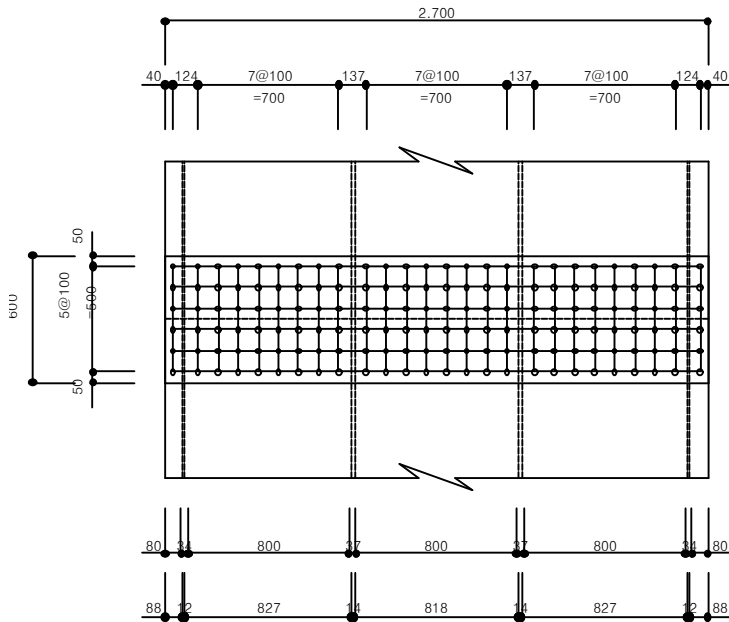
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 11570.6^2)} = 60312.6 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 87.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{1.221\text{E}+06 \times 4.957\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{1.039\text{E}+06 \times 8.126\text{E}+07}{3.59724\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 19961 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1221.240 kN) , S_v : 합성후 전단력(1039.420 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1318.26 - 7.0) = 49565628 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2156.68 - 7.0) = 81257753 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.59724\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 19960.7^2)} = 71884.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

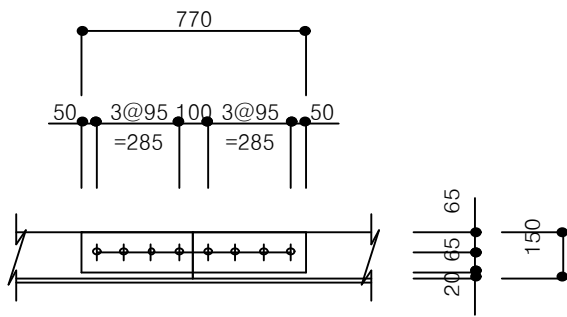
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

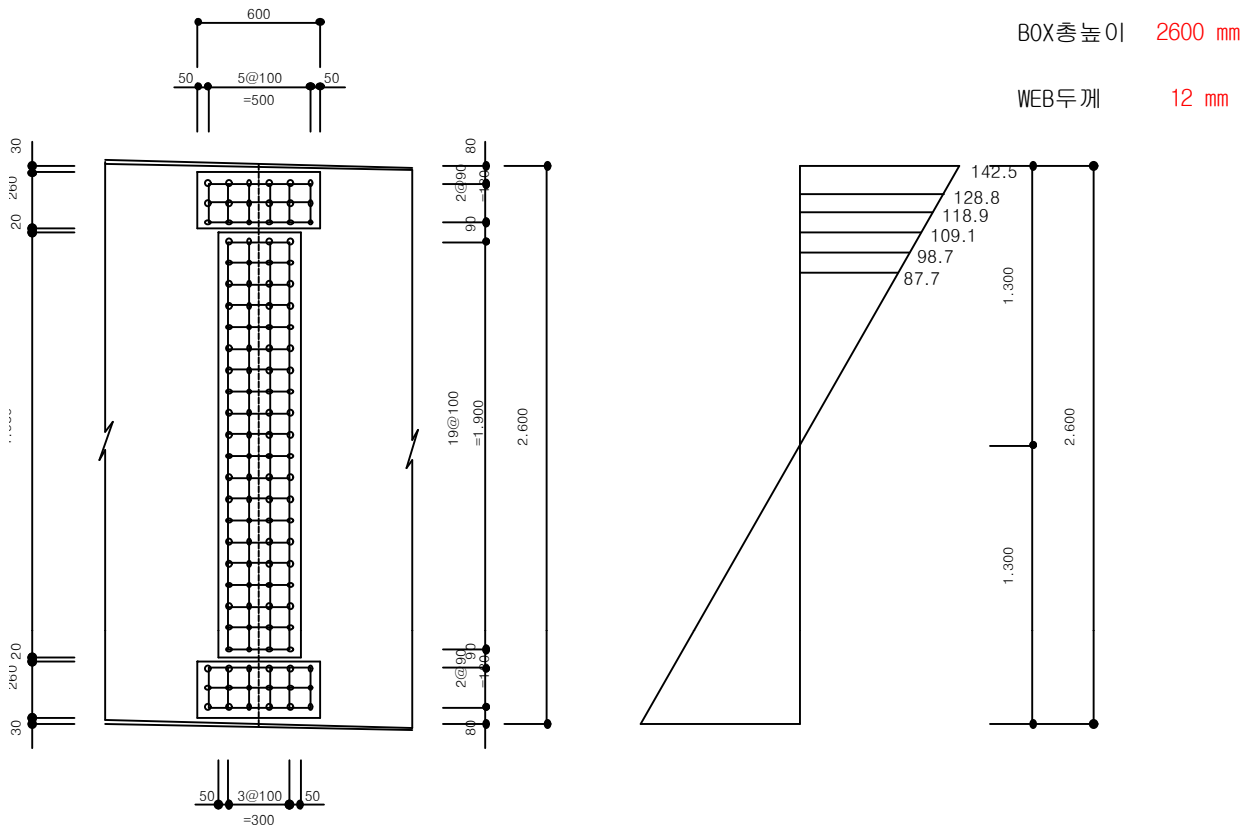
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{2260.7 \times 1000}{2} + \frac{954.6 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 22764.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 22764.6^2} = 71542.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5111.9 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 507.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 8263.2 \times \frac{4.04735E+10}{3.59724E+11} = 929.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 5111.9 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 8263.2 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.59724E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1318.26)^2 = 1.29505E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2156.68 - 1300.00)^2 = 4.19995E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1307.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1318.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 469.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2156.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{507.708 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{929.712 \times 1E+06}{41999513251} \times 469.324 \\
 &= 51.268 + 10.389 = 61.657 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{507.708 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{929.712 \times 1E+06}{41999513251} \times 2156.676 \\
 &= 51.681 + 47.741 = 99.421 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

16) SPLICE - 16 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 13913.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 12959.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 501.851 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 611.034 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 615.015 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 125.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -132.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

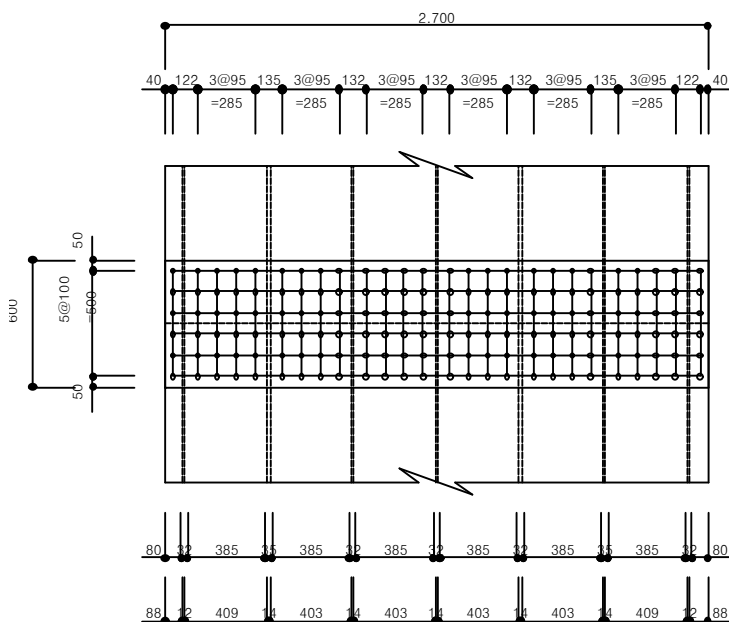
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 125.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 65 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 32400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 78923.1 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.019\text{E}+05 \times 5.979\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{6.110\text{E}+05 \times 2.489\text{E}+07}{4.58353\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 5621 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(501.85 kN) , S_v : 합성후 전단력(611.03 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 16 \times (1391.96 - 8.0) = 59787072 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 16 \times (584.20 - 8.0) = 24891926 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

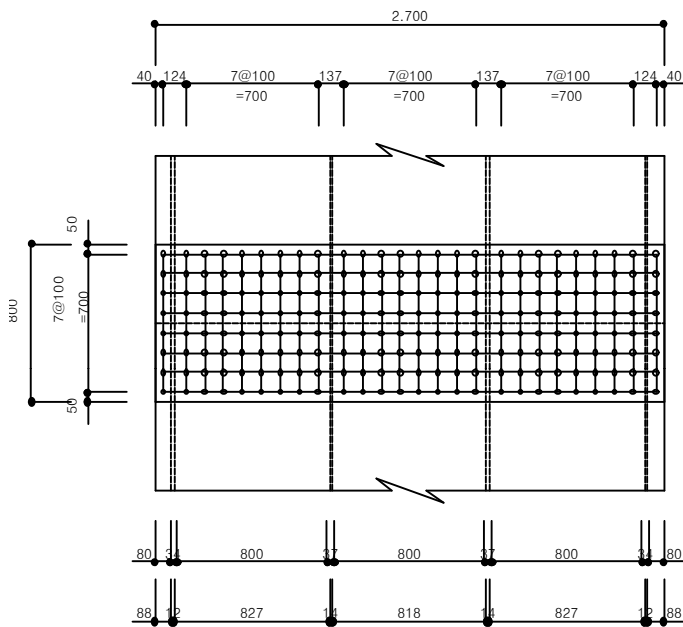
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 5621.4^2)} = 79123.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 132.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: Tu= 22 mm

모재길이: L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \div 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : 2-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 44550.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.019E+05 \times 7.336E+07}{2.32207E+11} + \frac{6.110E+05 \times 1.213E+08}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 8316 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(501.851 kN) , S_v : 합성후 전단력(611.034 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1246.04 - 11.0) = 73361376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (2053.80 - 11.0) = 121342201 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 4.58353E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 8315.8^2)} = 81813.2 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

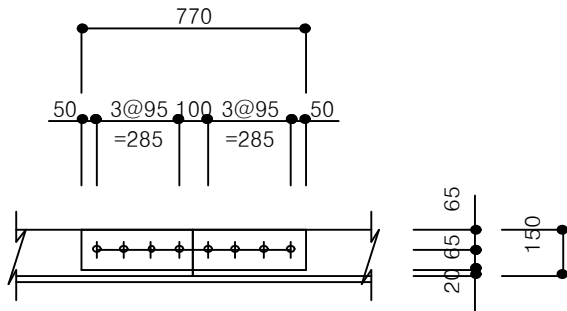
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 22 \times 2700 = 59400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 22 \times (2700 - 25 \times 26) = 45100.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq f_a \quad 0.K$$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

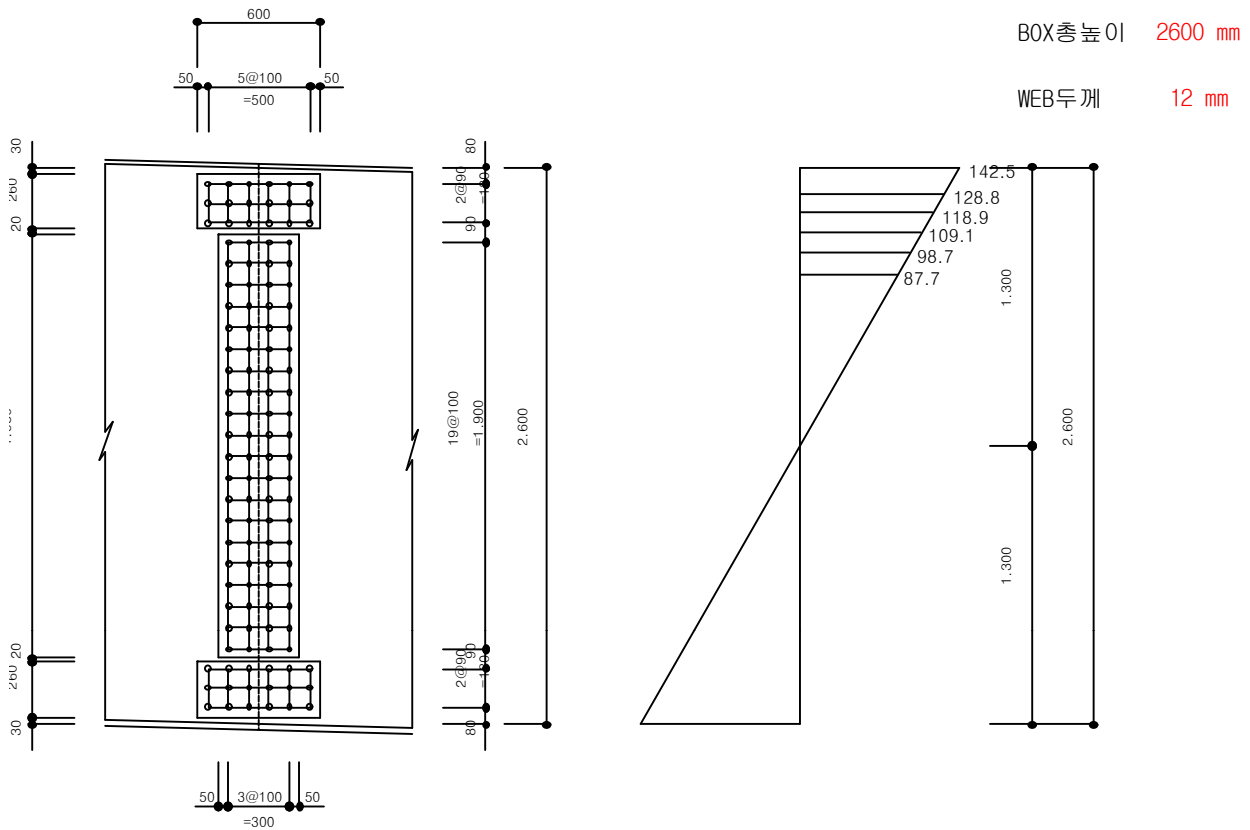
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1112.9 \times 1000}{2} + \frac{615.0 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 11704.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 11704.4^2} = 68827.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 13913.0 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1058.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 12959.6 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 998.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 13913.0 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 12959.6 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.32207E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 4.58353E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1246.04)^2 = 1.30526E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2053.80 - 1300.00)^2 = 3.54385E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1392.0 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1246.0 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 584.2 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2053.8 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{1058.535 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{998.201 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202 \\
 &= 112.885 + 16.455 = 129.340 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{1058.535 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{998.201 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798 \\
 &= 101.051 + 57.850 = 158.900 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

17) SPLICE - 17 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 14991.700 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 12448.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 311.199 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 548.991 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 723.307 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 135.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -136.2 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

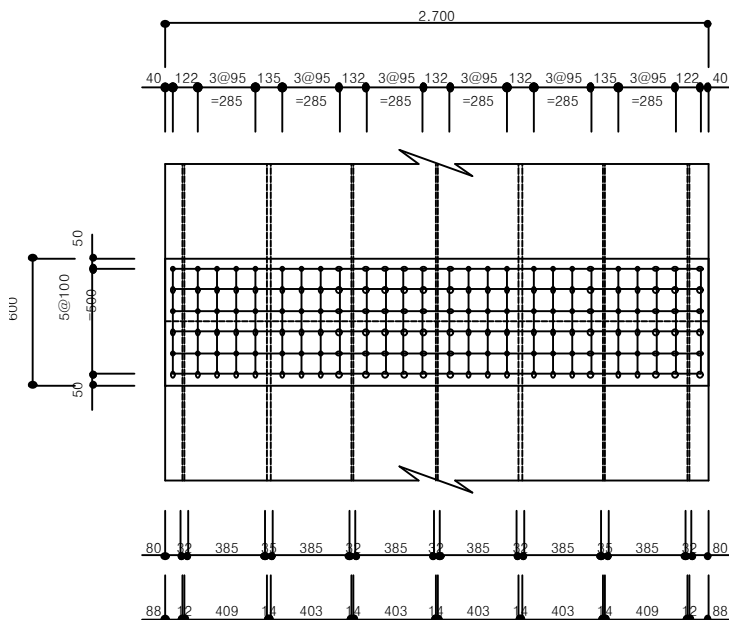
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 135.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 65 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 32400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 78923.1 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{3.112\text{E}+05 \times 5.979\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{5.490\text{E}+05 \times 2.489\text{E}+07}{4.58353\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 3806 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (311.20 kN) , S_v : 합성후 전단력 (548.99 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 16 \times (1391.96 - 8.0) = 59787072 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 16 \times (584.20 - 8.0) = 24891926 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

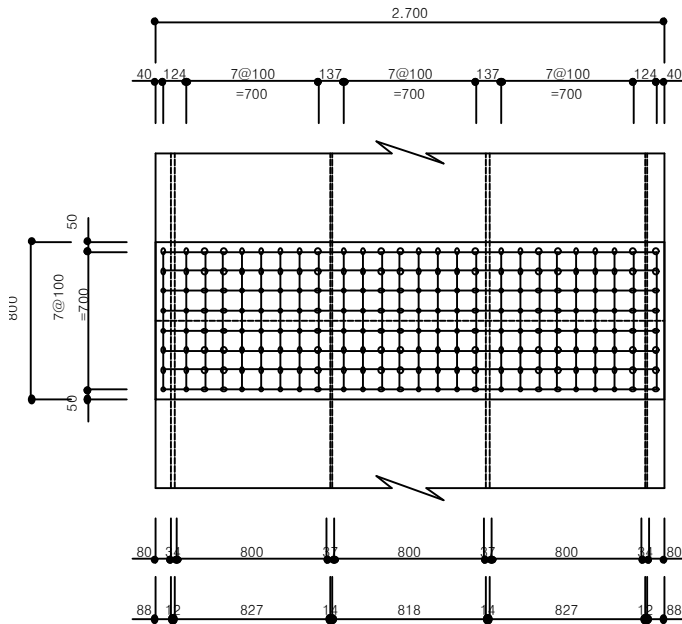
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 3805.6^2)} = 79014.8 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 136.2 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 22 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 89 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 800 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 12 \times 800 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 44550.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 81389.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{3.112\text{E}+05 \times 7.336\text{E}+07}{2.32207\text{E}+11} + \frac{5.490\text{E}+05 \times 1.213\text{E}+08}{4.58353\text{E}+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \text{ EA}} = 6326 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(311.199 kN) , S_v : 합성후 전단력(548.991 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 22 \times (1246.04 - 11.0) = 73361376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 22 \times (2053.80 - 11.0) = 121342201 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.32207\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 4.58353\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 6325.7^2)} = 81634.9 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

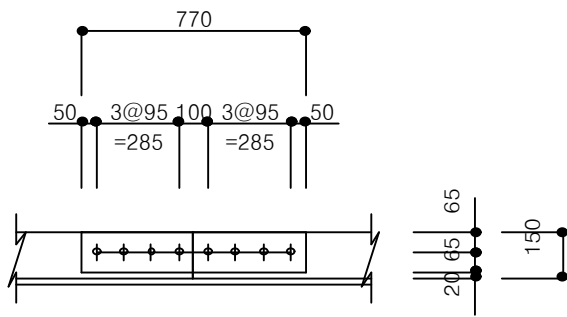
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 22 \times 2700 = 59400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 22 \times (2700 - 25 \times 26) = 45100.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

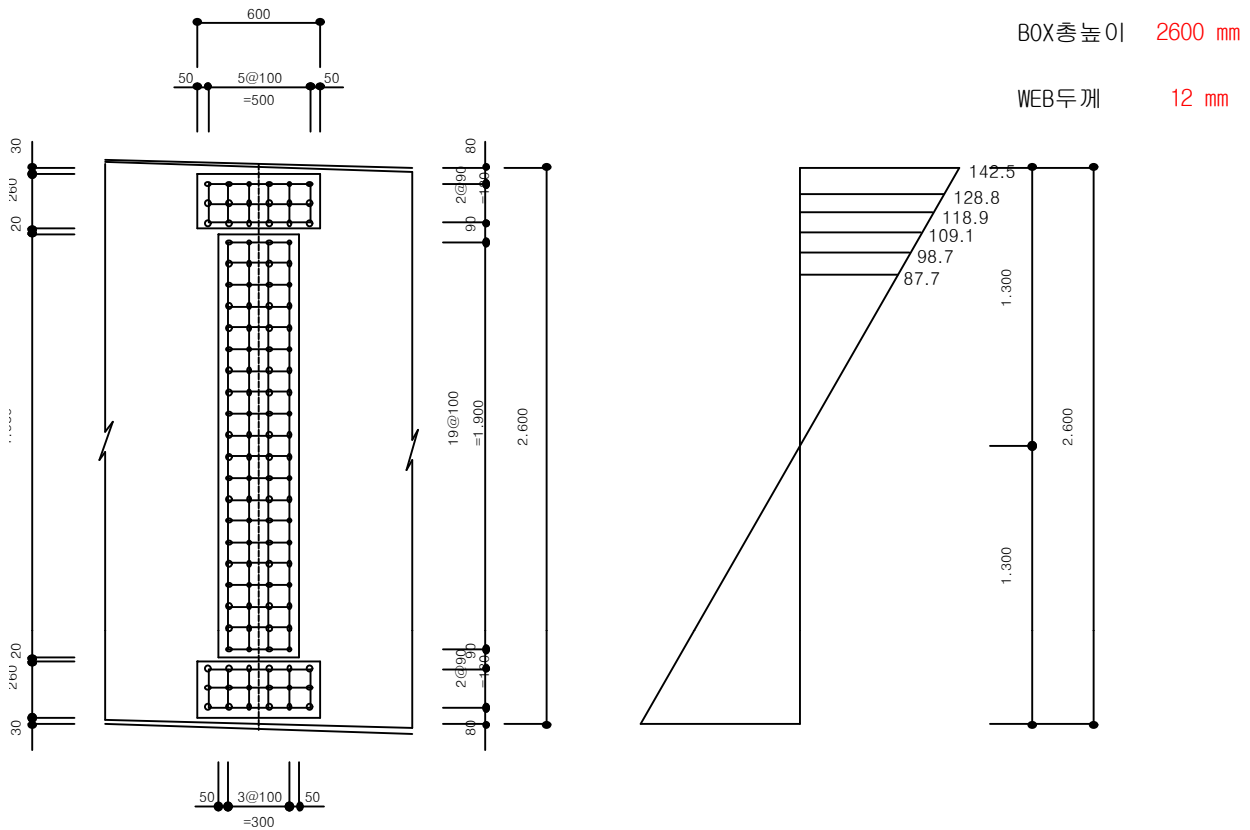
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{860.2 \times 1000}{2} + \frac{723.3 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 9897.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 9897.7^2} = 68542.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 14991.7 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1140.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 12448.8 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 958.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 14991.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 12448.8 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.32207E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 4.58353E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1246.04)^2 = 1.30526E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2053.80 - 1300.00)^2 = 3.54385E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1392.0 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1246.0 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 584.2 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2053.8 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{1140.605 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{958.857 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202 \\
 &= 121.637 + 15.807 = 137.443 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{1140.605 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{958.857 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798 \\
 &= 108.885 + 55.569 = 164.455 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

18) SPLICE - 18 거더:2

합성전 휨모멘트 : $M_s = 9356.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7659.950 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 957.897 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 926.001 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1108.660 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 129.6 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -118.4 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

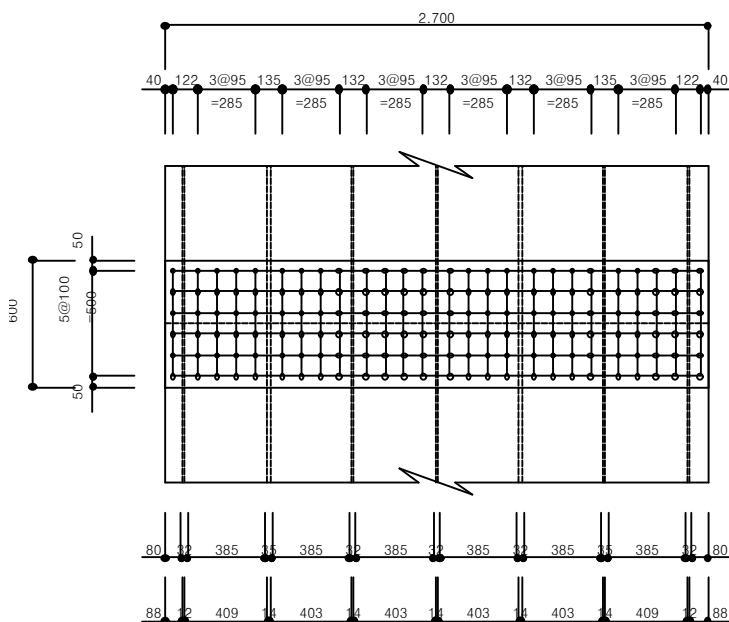
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 129.6 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \approx 49 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$6\text{-PL } 385 \times 10 \times 600 = 23100.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 27000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 51700.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 24300.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 59192.3 \text{ N/EA} < p_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{9.579\text{E}+05 \times 4.218\text{E}+07}{1.77072\text{E}+11} + \frac{9.260\text{E}+05 \times 1.501\text{E}+07}{3.59724\text{E}+11} \right] \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 9236 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력 (957.90 kN) , S_v : 합성후 전단력 (926.00 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 12 \times (1307.74 - 6.0) = 42176376 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 12 \times (469.32 - 6.0) = 15011698 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.59724\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

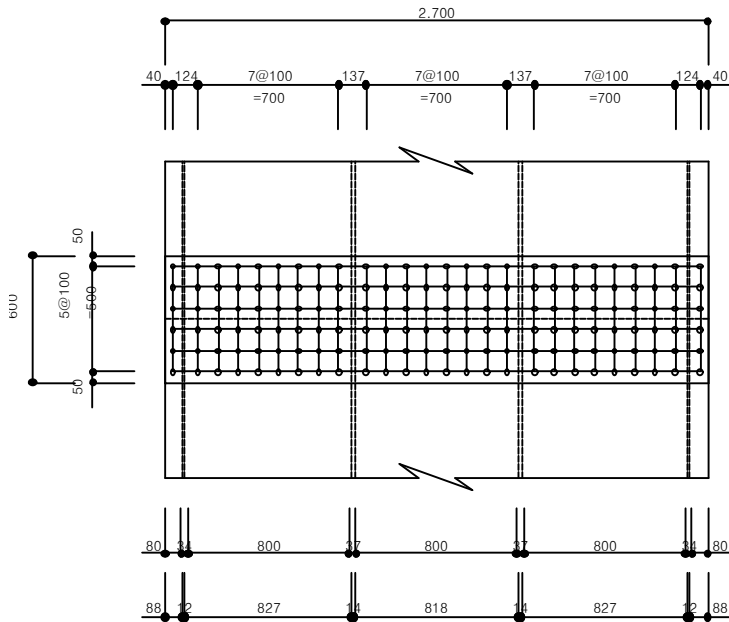
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 9235.5^2)} = 59908.5 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 118.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2700 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 57 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 600 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$3\text{-PL } 800 \times 12 \times 600 = 28800.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 600 = 32400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63120.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63120 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47520.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 28350.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n} \\ &= \left(\frac{9.579E+05 \times 4.957E+07}{1.77072E+11} + \frac{9.260E+05 \times 8.126E+07}{3.59724E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \text{ EA}} = 16522 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(957.897 kN) , S_v : 합성후 전단력(926.001 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2700.0 \times 14 \times (1318.26 - 7.0) = 49565628 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2700.0 \times 14 \times (2156.68 - 7.0) = 81257753 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.59724E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2700 / 26 = 103.8 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 16522.2^2)} = 71006.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

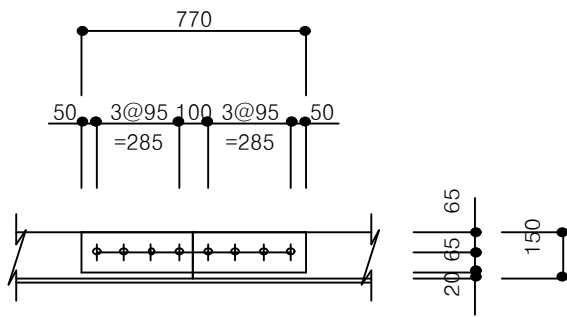
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 14 \times 2700 = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 14 \times (2700 - 25 \times 26) = 28700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 130 \times 10 \times 770 = 2600.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

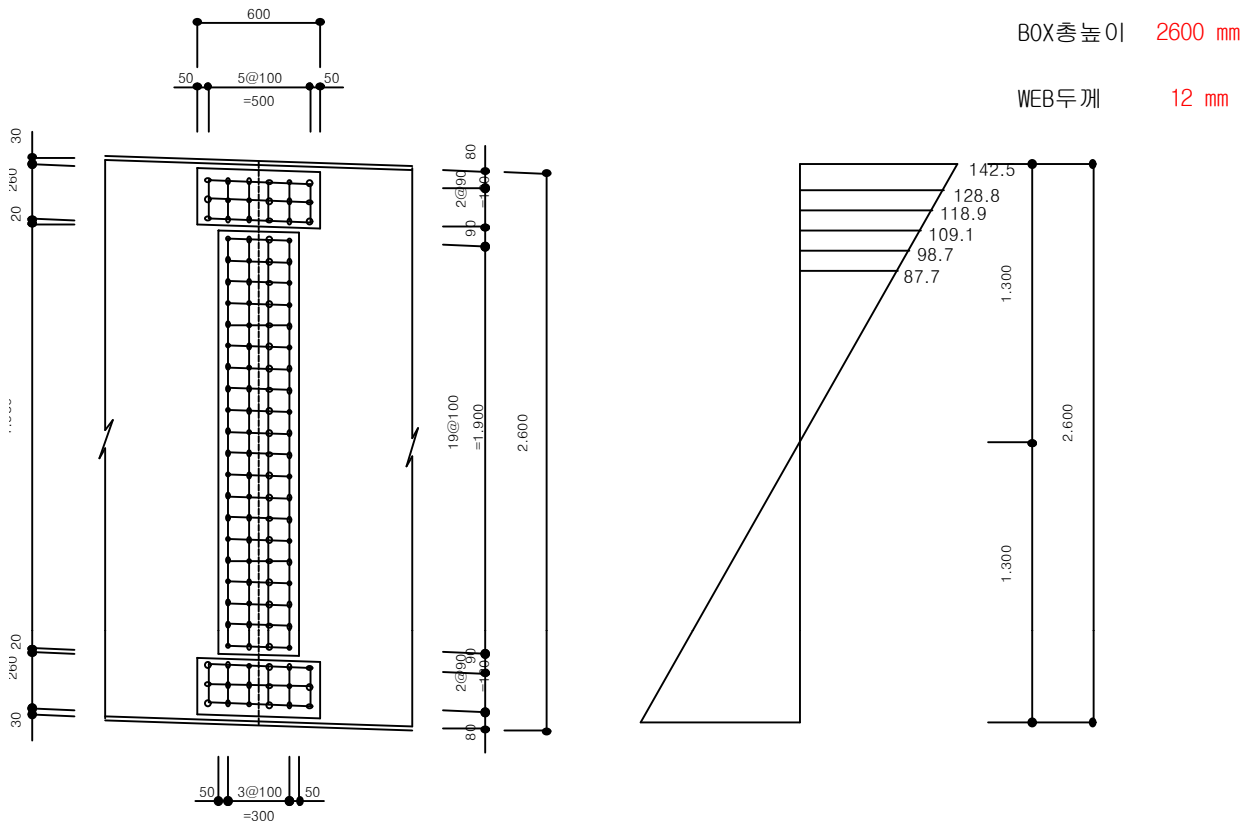
$$A_n = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2 \text{ EA} = 2100 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1300$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o = 128.798 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o = 118.933 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o = 109.067 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o = 98.654 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o = 87.692 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 128.798}{2} \times 125.0 \times 12.0 / 3 \text{ EA} = 67824.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{1883.9 \times 1000}{2} + \frac{1108.7 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58EA = 20045.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{67825^2 + 20045.2^2} = 70724.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 9356.6 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 929.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7660.0 \times \frac{4.04735E+10}{3.59724E+11} = 861.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s : 9356.6 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v : 7660.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.77072E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, $I_v = 3.59724E+11 \text{ mm}^4$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 0 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 39600.00 \times (1300.00 - 1318.26)^2 = 1.29505E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 39600.00 \times (2156.68 - 1300.00)^2 = 4.19995E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1307.7 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1318.3 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 469.3 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 2156.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{929.280 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{861.842 \times 1E+06}{41999513251} \times 469.324 \\
 &= 93.838 + 9.631 = 103.469 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{929.280 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{861.842 \times 1E+06}{41999513251} \times 2156.676 \\
 &= \underline{94.593} + \underline{44.256} = 138.849 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한(도.설 3.5.2.4)

t_1 : 얇은쪽 모재의 두께 (mm)

$$t_1 > S \geq \sqrt{2 \cdot t_2}$$

t_2 : 두꺼운쪽 모재의 두께 (mm)

S : 필렛용접 치수 (mm)

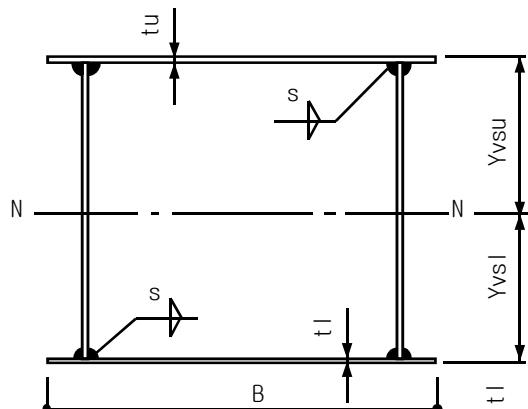
가) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

1) 필렛용접 치수 검토

t_u : 상부 플랜지 두께, t_l : 하부 플랜지 두께, t_w : 복부판 두께 (단위 : mm)

구 분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판			
	t_u	t_l	t_w	Smin	Smax	Suse	판정	Smin	Smax	Suse	판정
단면 - 1	10	10	12	6.0	10	6	OK	6.0	10	6	OK
단면 - 2	10	10	12	6.0	10	6	OK	6.0	10	6	OK
단면 - 3	12	14	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 4	16	22	12	6.0	12	6	OK	6.6	12	7	OK
단면 - 5	10	12	12	6.0	10	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 6	20	22	12	6.3	12	7	OK	6.6	12	7	OK
단면 - 7	32	34	12	8.0	12	8	OK	8.2	12	9	OK
단면 - 8	20	22	12	6.3	12	7	OK	6.6	12	7	OK
단면 - 9	10	12	12	6.0	10	6	OK	6.0	12	6	OK

2) 용접부의 응력 검토



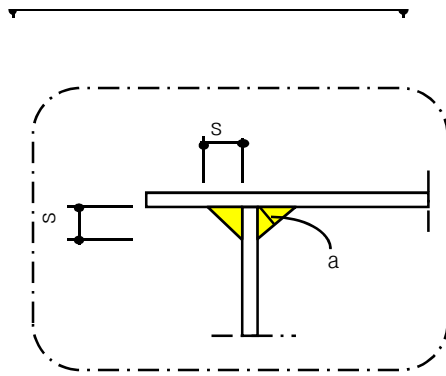
용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로교 표준시방서 P26)

$$u = \frac{S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a} < u_a$$

u 전단 응력 (MPa)

u_a : 허용 전단 응력 (도.설 3.3.2.1)

S : 총 작용전단력 (N)



Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

$$\text{단면 1차 모멘트 (mm}^3\text{)} = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$y = Y_{vsu}(l) - tu(l)/2$$

I_v : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (mm⁴)

$$\Sigma a : \text{필렛 용접의 목두께의 합 (mm)} = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

응력 검토 결과

① 상부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Yvsu (mm)	Q (mm ³)	Iv (mm ⁴)	s (mm)	Σ a (mm)	υ (MPa)	υ a (MPa)	비 고
단면-1	2777.94	10	2700	27000	791	2.123E+07	2.587E+11	6	17	13.4	110	OK
단면-2	2572.95	10	2700	27000	404	1.077E+07	3.071E+11	6	17	5.3	110	OK
단면-3	2380.52	12	2700	32400	469	1.501E+07	3.597E+11	6	17	5.9	110	OK
단면-4	1688.84	16	2700	43200	584	2.489E+07	4.584E+11	6	17	5.4	110	OK
단면-5	3395.64	10	2700	27000	479	1.280E+07	3.603E+11	6	17	7.1	110	OK
단면-6	3857.01	20	2700	54000	1111	5.948E+07	3.110E+11	7	20	37.3	110	OK
단면-7	4330.87	32	2700	86400	1167	9.947E+07	4.157E+11	8	23	45.8	110	OK
단면-8	2898.11	20	2700	54000	1083	5.795E+07	3.173E+11	7	20	26.7	110	OK
단면-9	1692.59	10	2700	27000	446	1.190E+07	3.320E+11	6	17	3.6	110	OK

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Yvsl (mm)	Q (mm ³)	Iv (mm ⁴)	s (mm)	Σ a (mm)	υ (MPa)	υ a (MPa)	비 고
단면-1	2777.94	10	2700	27000	1629	4.384E+07	2.587E+11	6	17	27.7	110	OK
단면-2	2572.95	10	2700	27000	2216	5.970E+07	3.071E+11	6	17	29.5	110	OK
단면-3	2380.52	14	2700	37800	2157	8.126E+07	3.597E+11	6	17	31.7	110	OK
단면-4	1688.84	22	2700	59400	2054	1.213E+08	4.584E+11	7	20	22.6	110	OK
단면-5	3395.64	12	2700	32400	2143	6.924E+07	3.603E+11	6	17	38.4	110	OK
단면-6	3857.01	22	2700	59400	1531	9.026E+07	3.110E+11	7	20	56.5	110	OK
단면-7	4330.87	34	2700	91800	1499	1.360E+08	4.157E+11	9	25	55.7	110	OK
단면-8	2898.11	22	2700	59400	1559	9.195E+07	3.173E+11	7	20	42.4	110	OK
단면-9	1692.59	12	2700	32400	2176	7.032E+07	3.320E+11	6	17	21.1	110	OK

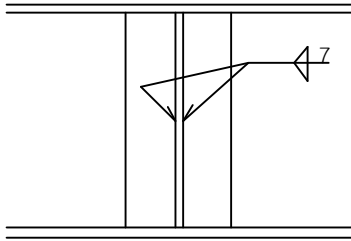
나) 지점부 보강재 용접부 검토

· 교대부

$$R_{\max} = 2964.568 \text{ kN}$$

$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2400$$



$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\sum a \cdot l} = \frac{2964.568 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times 4.95 \times 2400}$$

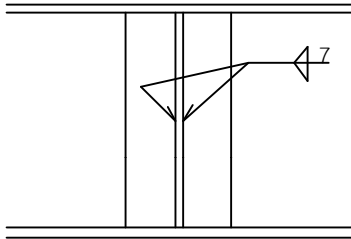
$$= 31.194 \text{ MPa} \leq U_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$

· 교각부

$$R_{\max} = 8139.123 \text{ kN}$$

$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2600$$



$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\sum a \cdot l} = \frac{8139.123 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times 4.95 \times 2600}$$

$$= 79.055 \text{ MPa} \leq U_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$

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)

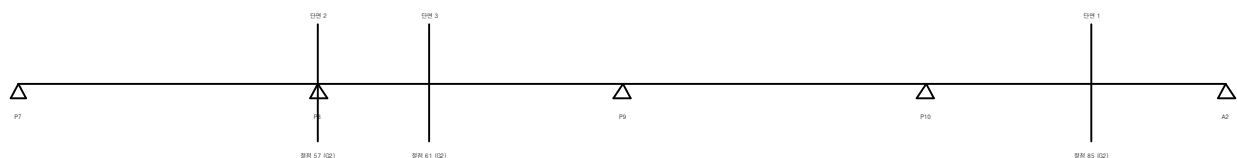
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회 이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회 이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	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

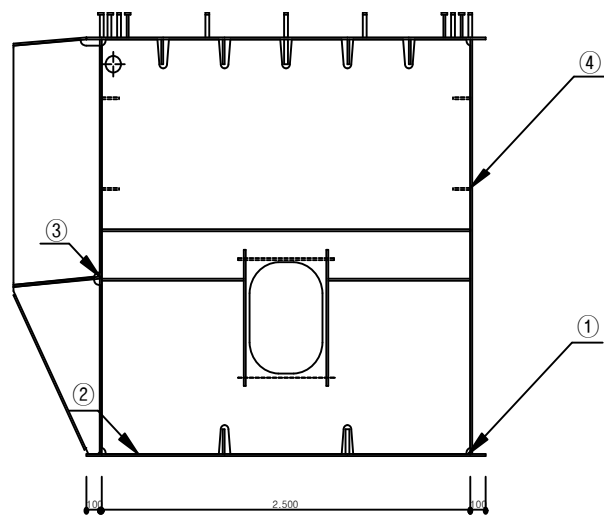
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



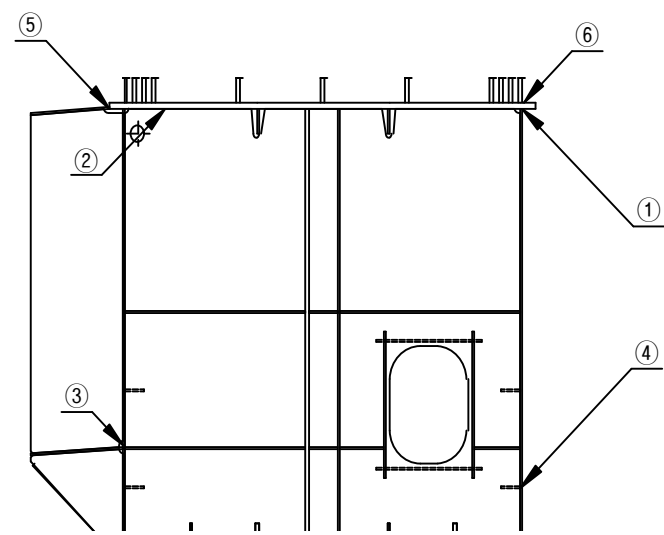
본 교량은 **주간선도로**에 속하는 **다재하경로**구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

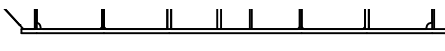
단면 I



구분	상	세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
				DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 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	

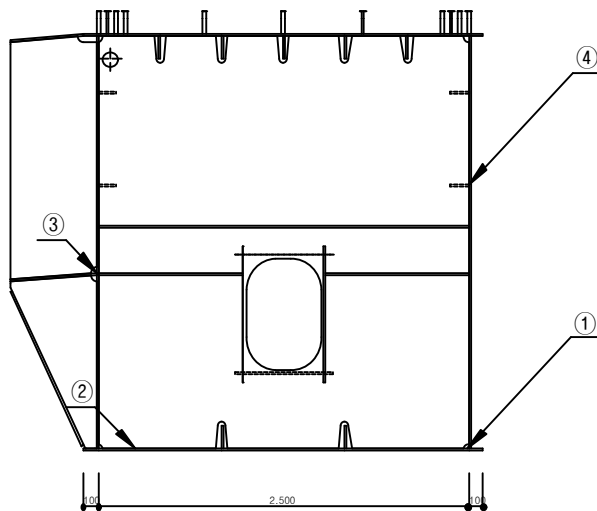
단면 II





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)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

$\Delta M = M_{\max} - M_{\min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	8615.518	10189.182	4.584E+11	1999.8	37.590	44.456	B	126	203	0.K.
②				1999.8	37.590	44.456	C	91	147	0.K.
③				905.8	17.026	20.136	E	56	91	0.K.
④				236.2	4.440	5.251	E	56	91	0.K.

단면 II

구분	ΔM (kN · m)		I_v (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	5537.658	12104.921	4.157E+11	1167.3	15.551	33.993	B	126	203	0.K.
②				1167.3	15.551	33.993	C	91	147	0.K.
③				806.7	10.747	23.492	E	56	91	0.K.
④				1036.7	13.811	30.190	E	56	91	0.K.
⑤				1183.3	15.764	34.459	E	56	91	0.K.
⑥				1199.3	15.977	34.925	C	91	147	0.K.

단면 III

구분	ΔM (kN · m)		I_v (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	7485.108	9207.399	3.320E+11	2144.4	48.342	59.466	B	126	203	0.K.
②				2144.4	48.342	59.466	C	91	147	0.K.
③				1050.4	23.680	29.128	E	56	91	0.K.
④				91.6	2.065	2.540	E	56	91	0.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 12 을 설정 하였음

$$\Delta u = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

여기서, Δu : 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

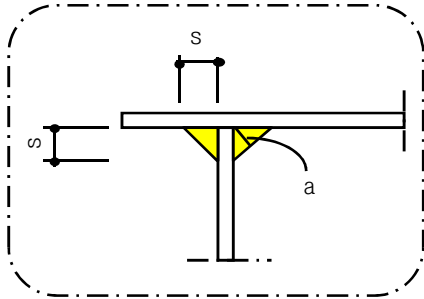
단면 1차 모멘트 ($mm^3 = A(mm^2) \cdot y(mm)$)

$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필렛 용접의 목두께의 합 ($mm = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필렛 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1603.191	32	2700	86400	1167	1.007E+08	#####	8	22.6	17.2	63	OK
DL하중	2181.455									23.4	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsl} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1603.191	34	2700	91800	1499	1.374E+08	#####	9	25.5	20.8	63	OK
DL하중	2181.455									28.3	84	OK