

부산방향 45+4@52, S11~S15 - 상부구조

목 차

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

1. 설계기준

1) 교량제원

- i) 교량명 : 청도교
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : $L = 45.000 + 52.000 + 52.000 + 52.000 + 52.000 = 253.000 \text{ m}$
- v) 교량폭원 : $B = 16.833 \text{ m}$
- vi) 주형제원 : $B = 2.600 \text{ m}$ $H = 2.400 \text{ m}$
- vii) 사각 : 90.0°

2) 하중

i) 고정하중

(도.설 2.1.2)

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

ii) 활하중

(도.설 2.1.3)

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

(도.설 2.1.4)

3) 사용재료

- i) 콘크리트 : 설계기준강도 $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_c = 26701 \text{ MPa}$
- ii) 철근(SD40) : 항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_s = 200000 \text{ MPa}$

iii) 강재

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

- 허용 인장 응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.1)

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

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 축방향 압축응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.2)

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

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 종단면의 단면회전반경 (mm)

- 허용 휨압축응력 (MPa)

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

횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

(도.설 표3.3.4(a))

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

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

② ① 이외의 경우

(도.설 표 3.3.4(b))

강 종		SS 400 SM400 SMA 41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
판두께 (mm)					
Aw/Ac ≤ 2	40 이하	140 : ℓ / b ≤ 4.5 140-2.4(ℓ /b-4.5): 4.5 < ℓ / b ≤ 30	190 : ℓ / b ≤ 4.0 190-3.8(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 30	210 : ℓ / b ≤ 3.5 210-4.4(ℓ /b-3.5): 3.5 < ℓ / b ≤ 27	260 : ℓ / b ≤ 5.0 260-6.6(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 25
	40 초과	130 : ℓ / b ≤ 5.0 130-2.2(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 30	175 : ℓ / b ≤ 4.0 175-3.5(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 30	200 : ℓ / b ≤ 4.0 200-4.2(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 27	250 : ℓ / b ≤ 5.0 250-6.2(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 25
	75 이하			195 : ℓ / b ≤ 4.0 195-4.0(ℓ /b-4.0): 4.0 < ℓ / b ≤ 27	245 : ℓ / b ≤ 5.0 245-6.0(ℓ /b-5.0): 5.0 < ℓ / b ≤ 25
	75 초과				
	100이하				
Aw/Ac > 2	40 이하	140 : ℓ / b ≤ 9/K 140-1.2(K ℓ /b-9): 9/K < ℓ / b ≤ 30	190 : ℓ / b ≤ 8/K 190-1.9(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 30	210 : ℓ / b ≤ 7/K 210-2.2(K ℓ /b-7): 7/K < ℓ / b ≤ 27	260 : ℓ / b ≤ 10/K 260-3.3(K ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 25
	40 초과	130 : ℓ / b ≤ 10/K 130-1.1(K ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 30	175 : ℓ / b ≤ 8/K 175-1.75(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 30	200 : ℓ / b ≤ 8/K 200-2.1(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 27	250 : ℓ / b ≤ 10/K 250-3.1(ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 25
	75 이하			195 : ℓ / b ≤ 8/K 195-2.0(K ℓ /b-8): 8/K < ℓ / b ≤ 27	245 : ℓ / b ≤ 10/K 245-3.0(K ℓ /b-10): 10/K < ℓ / b ≤ 25
	75 초과				
	100이하				
비 고		Aw : 복부판의 총 단면적 (mm²) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (mm²) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : √ (3+Aw/2Ac)			

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

- 허용 전단응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.5)

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

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 항 복 응 력 (MPa)

(도.설 표 3.2.3)

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

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 강재들보의 허용응력 증가율

(도.설 표 3.9.4)

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

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

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

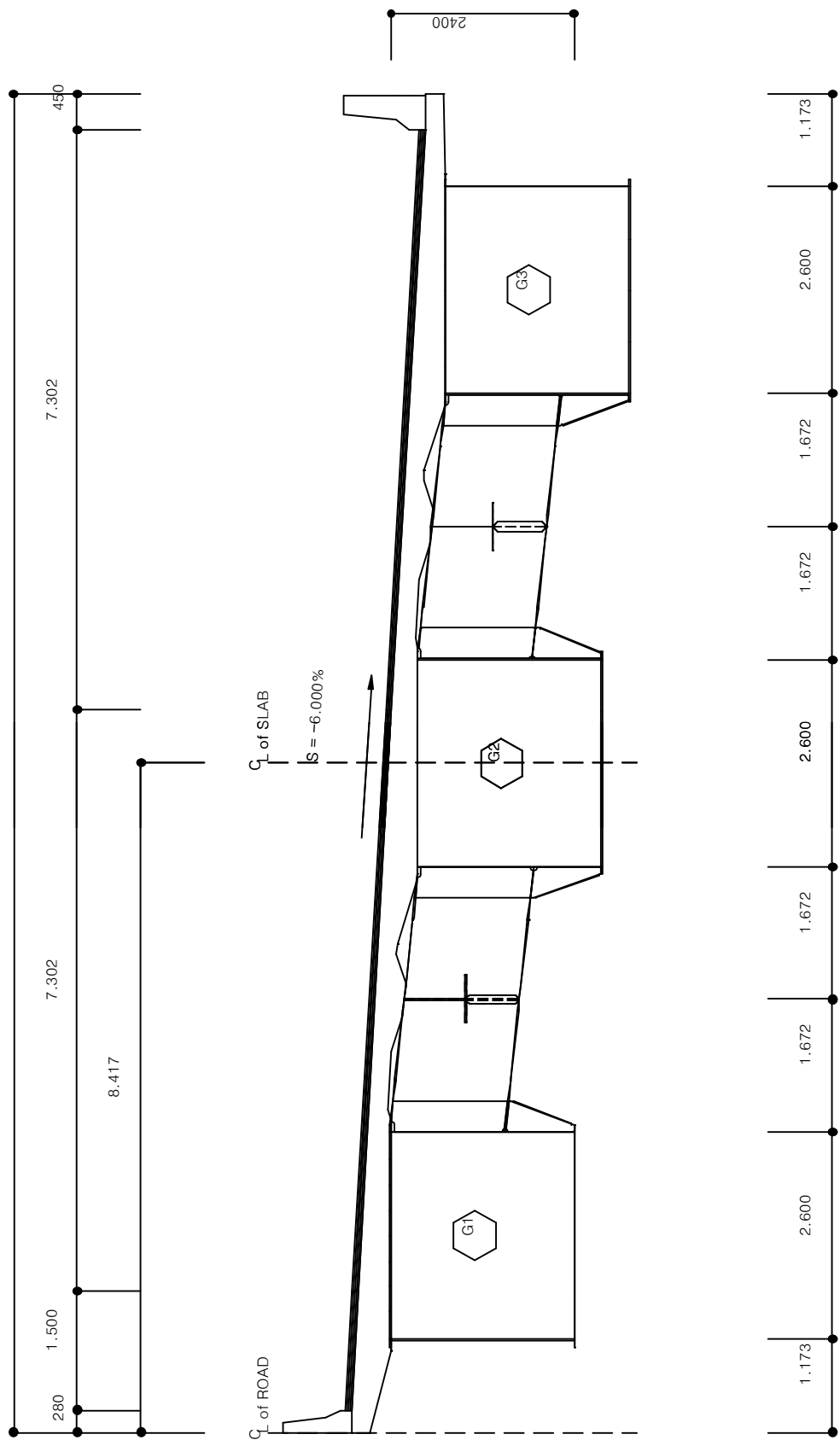
4) 설계방법

- i) 바 다 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)

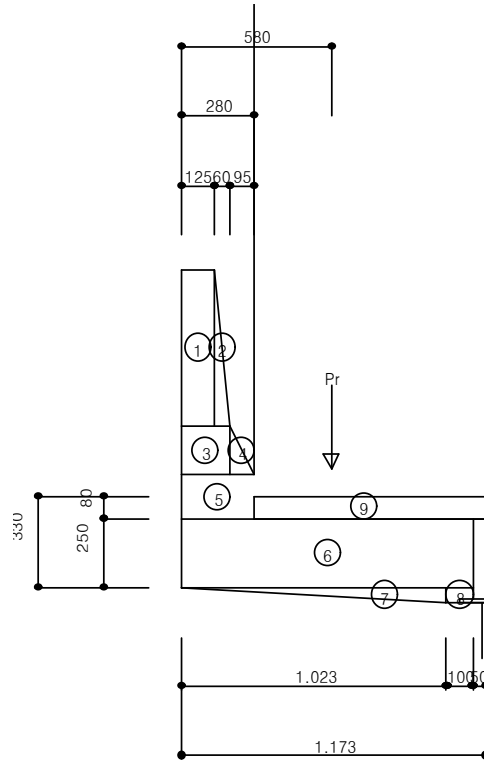
2. 단면가정



3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부

가. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.125 m
아스팔트포장 단위중량	23.000 kN/m³	H2 =	0.155 m	L2 =	0.060 m
설계 속도	120.0 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.095 m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	96.000 kN	H4 =	0.560 m	L4 =	0.843 m
곡선 반경(R)	1000 m	H5 =	0.300 m	L5 =	1.023 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.100 m
				L7 =	0.050 m
				L8 =	0.580 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.125 \times 0.56 \times 25 = 1.750$	1.061	1.856
2	$\frac{1}{2} \times 0.06 \times 0.56 \times 25 = 0.420$	0.978	0.411
3	$0.185 \times 0.175 \times 25 = 0.809$	1.031	0.834
4	$\frac{1}{2} \times 0.095 \times 0.175 \times 25 = 0.208$	0.906	0.188
5	$0.28 \times 0.155 \times 25 = 1.085$	0.983	1.067
6	$1.123 \times 0.25 \times 25 = 7.019$	0.562	3.941
7	$\frac{1}{2} \times 1.023 \times 0.05 \times 25 = 0.639$	0.441	0.282
8	$0.1 \times 0.05 \times 25 = 0.125$	0.050	0.006
9	$0.843 \times 0.08 \times 23 = 1.551$	0.422	0.654
TOTAL	13.606		9.239

$$\therefore Md = 9.239 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.543 + 1.14 = 1.574 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.543 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.543) = 0.37 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$Ml+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.574) \times 0.543 \times (1 + 0.3) = 43.054 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

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

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

$$\text{작용높이 } h = 1.080 \text{ m}$$

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

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

$$\text{작용높이 } h = 0.890 \text{ m}$$

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

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

$$Mco = 35.100 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 원심하중 - 교면상 1.8 M 높이에 작용하는 것으로 한다.

(도.설 2.1.17)

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

$$Pcf = Pr / E \times 11.376 / 100 = 6.937 \text{ kN/m}$$

$$Mcf = 6.937 \times 1.8 = 12.487 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 풍하중

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

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

바) 하중 조합

(도.설 2.2.3.2)

$$\textcircled{1} \quad Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i + 1.3 Mcf \\ = 1.3 \times 9.239 + 2.15 \times 43.054 + 1.3 \times 12.487 = 120.809 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\textcircled{2} \quad Mu2 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mcf + 1.3 Mco \\ = 1.3 \times 9.239 + 1.3 \times 43.054 + 1.3 \times 12.487 + 1.3 \times 35.1 \\ = 129.844 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\textcircled{3} \quad Mu3 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mcf + 0.65 Mw \\ = 1.3 \times 9.239 + 1.3 \times 43.054 + 1.3 \times 12.487 + 0.65 \times 1.179 \\ = 84.980 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\textcircled{4} \quad Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco \\ = 1.2 \times 9.239 + 1.2 \times 1.179 + 1.2 \times 35.1 = 54.621 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\textcircled{5} \quad Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw \\ = 1.3 \times 9.239 + 1.3 \times 1.179 \\ = 13.542 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사) 캔틸레버판 단부설계

(도.설 4.7.6.4)

- ① 주철근량: 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량: 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.
- ③ 배치범위: 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교편 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

아) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) \cdot \{(80 \times 0.543) + 230\} = 273.4 \text{ mm} > 220 \Rightarrow \underline{300 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

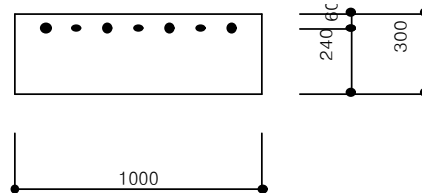
$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 129.844 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\ M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\ &= 129844000 \\ \therefore \text{Req'd } A_s &= 1695.6 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 2260.8 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\ H 19 @ 250 &= 1146.0 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{suse} &= 1940.4 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !! \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0081 < P_{max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad 0.K. !!$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 39.788 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.820 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 223.090 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 776.160 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 776.160 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 147.181 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 129.844 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K. \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산 (도.설 3.6.1.4)

배력철근의 주철근에 대한 백분율 $120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.123} = 113 \% > 67 \%$

$A_s \times 67\% = 1695.624 \times 0.67 = 1136.1 \text{ mm}^2$

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

USE H 16 @ 150 = 1324.0 mm² O.K. !!

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

Req'd d&As = $1695.6 \text{ mm}^2 \times 2 = 3391.2 \text{ mm}^2$

USE H 22 @ 200 = 1935.5 mm²

H 22 @ 200 = 1935.5 mm²

Asuse = 3871.0 mm² O.K. !!

[배력철근]

Req'd d&As = $1136.1 \text{ mm}^2 \times 2 = 2272.1 \text{ mm}^2$

USE H 22 @ 150 = 2580.7 mm² O.K. !!

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1.123m) 이상 --- 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$t_{min} = L / 10 = 1123.0 / 10 = 112.30 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm}$ 이므로 별도의 처짐검토 필요없음.

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$M_{max} = 65.133 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$M = M_d + M_l + i + M_{cf} + 0.3M_w = 9.239 + 43.054 + 12.487 + 0.354$

= 65.133 kN · m

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

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

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

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

$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{65.133 \times 1000000}{0.0081 \times 1000 \times 0.900 \times 240^2}$

= 155.446 MPa < 0.6 f_y = 240 MPa O.K. 379.11 405.29

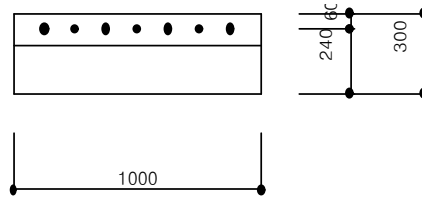
$A = b \cdot h / 8 \quad E A = 1000 \times 120 / 8 = 15000.0 \text{ mm}^2$

A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈
유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

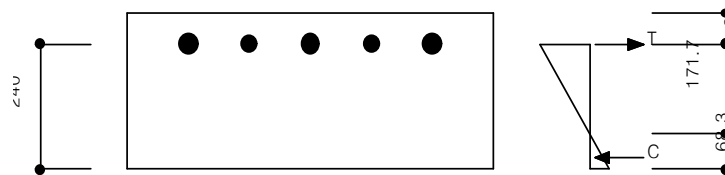
$$\textcircled{a} \quad \omega_a = 0.0050 \times t_c \quad (\text{철근 콘크리트 일반 환경 조건})$$

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

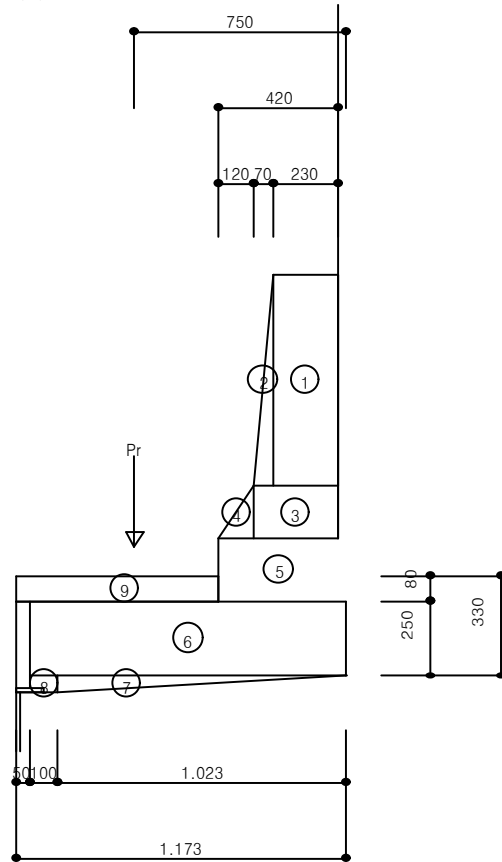
$$\textcircled{b} \quad \omega_a = 0.0050 \times 51 = 0.253 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{c} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\left(\frac{d_c \times A}{60 \times 15000.0} \right)} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.36 \times 155.446 \times \sqrt[3]{\left(\frac{60 \times 15000.0}{60 \times 15000.0} \right)} \times 0.00001 \\ &= 0.22 \text{ mm} < \omega_a = 0.253 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

여기서, $\beta_c = \text{단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리} / \text{단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리}$
 $= 227.8 / 167.8 = 1.36$



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 =	0.673 m
곡선 반경(R)	1000 m	H5 =	0.300 m	L5 =	1.023 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	$0.23 \times 0.7 \times 25 = 4.025$	0.978	3.936
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 25 = 0.613$	0.840	0.514
3	$0.3 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.943	1.238
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.753	0.198
5	$0.42 \times 0.205 \times 25 = 2.153$	0.883	1.901
6	$1.123 \times 0.25 \times 25 = 7.019$	0.562	3.941
7	$\frac{1}{2} \times 1.023 \times 0.05 \times 25 = 0.639$	0.441	0.282
8	$0.1 \times 0.05 \times 25 = 0.125$	0.050	0.006
9	$0.673 \times 0.08 \times 23 = 1.238$	0.337	0.417
TOTAL	17.386		12.433

$\therefore M_d = 12.433 \text{ kN} \cdot \text{m}$

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.373 + 1.14 = 1.438 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.373 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.373) = 0.372 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$MI+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.438) \times 0.373 \times (1 + 0.3) = 32.372 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P_{cf} = Pr / E \times 11.376 / 100 = 7.592 \text{ kN/m}$$

$$M_{cf} = 7.592 \times 1.8 = 13.666 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 풍하중

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

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

바) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 M_d + 2.15 MI+i + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 12.433 + 2.15 \times 32.372 + 1.3 \times 13.666 = 103.528 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 M_d + 1.3 MI+i + 1.3 M_{cf} + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 12.433 + 1.3 \times 32.372 + 1.3 \times 13.666 + 1.3 \times 35.1 \\ &= 121.642 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\textcircled{3} \quad Mu_3 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} + 0.65 M_w \\
&= 1.3 \times 12.433 + 1.3 \times 32.372 + 1.3 \times 13.666 + 0.65 \times 1.74 \\
&= 77.143 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\
\textcircled{4} \quad Mu_4 &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\
&= 1.2 \times 12.433 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 35.1 \\
&= 59.127 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\
\textcircled{5} \quad Mu_5 &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\
&= 1.3 \times 12.433 + 1.3 \times 1.74 \\
&= 18.424 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
\end{aligned}$$

사) 캔틸레버판 단부설계 (☞ 도.설 4.7.6.4)

- ① 주철근량: 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량: 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.
- ③ 배치범위: 도로교설계기준 강교판 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교판 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

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

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230 \{ (80 \times 0.373) + 230 \}) = 259.8 \text{ mm} > 220 \Rightarrow \underline{300 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

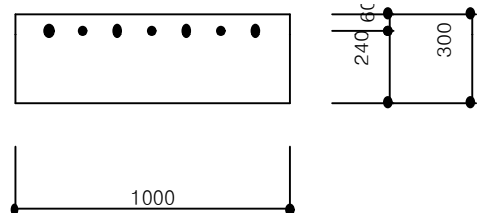
자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned}
f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\
M_u &= 121.642 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300 \text{ mm} \\
d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240 \text{ mm} \\
\phi(\text{Bending}) &= 0.85
\end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(☞ 콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned}
a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\
M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\
&= 121642000 \\
\therefore \text{Req'd } A_s &= 1581.5 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 2108.7 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\
\text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\
H 19 @ 250 &= 1146.0 \text{ mm}^2 \\
\hline
A_{suse} &= 1940.4 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}
\end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a / 0.85 = 39.788 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.820 \text{ mm}$$

$$j d = d - a / 2 = 223.090 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 776.160 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 776.160 \text{ kN}$$

$$\Phi M_n = \Phi f_y \times A_s \times j d = 147.181 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 121.642 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.}$$

· 배력철근의 계산 (도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.123} = 113 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1581.533 \times 0.67 = 1059.6 \text{ mm}^2$$

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

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

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\text{Req'd d\&As} = 1581.5 \text{ mm}^2 \times 2 = 3163.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } \text{H 22 @ 200} = 1935.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{H 22 @ 200} = 1935.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{suse} = 3871.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

[배력철근]

$$\text{Req'd d\&As} = 1059.6 \text{ mm}^2 \times 2 = 2119.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } \text{H 22 @ 150} = 2580.7 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1.123m) 이상 — 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (콘.설 4.3)

$$t_{min} = L / 10 = 1123.0 / 10 = 112.30 \text{ mm} < T = 300 \text{ mm} \text{이므로 별도의 처짐검토 필요없음.}$$

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{max} = 58.993 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 12.433 + 32.372 + 13.666 + 0.522 \\ &= 58.993 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= E_s / E_c = 43 / \sqrt{f_{ck}} = 8 \\
 p &= A_s / b d = 1940 / (1000 \times 240) = 0.0081 \\
 k &= -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0647 + \sqrt{\{(0.0647)^2 + 2 \times 0.0647\}} = 0.3008 \\
 j &= 1 - (k / 3) = 1 - (0.301 / 3) = 0.900 \\
 f_{smax} &= \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{58.993 \times 1000000}{0.0081 \times 1000 \times 0.900 \times 240^2} \\
 &= 140.791 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad 0.K.
 \end{aligned}$$

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

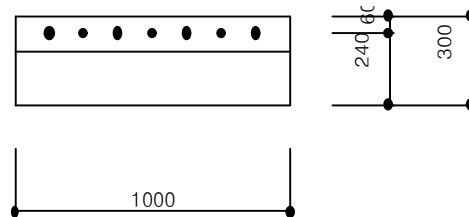
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

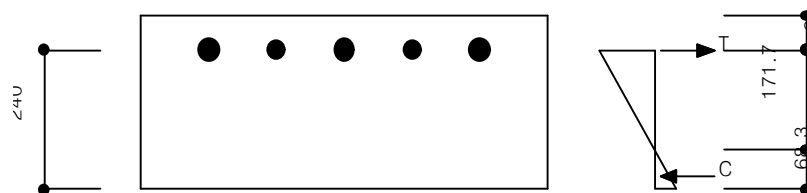
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

$$\begin{aligned}
 \textcircled{c} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{(d_c \times A)} \times 0.00001 \\
 &= 1.080 \times 1.36 \times 140.791 \times \sqrt[3]{(60 \times 15000.0)} \times 0.00001 \\
 &= 0.199 \text{ mm} < \omega_a = 0.253 \quad \therefore 0.K
 \end{aligned}$$

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

$$= 227.8 / 167.8 = 1.36$$



3.2 중앙부

가. 중앙지간부

가) 고정하중

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

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

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

$$\text{계산지간 } L = 2.600 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 8$$

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

나) 활하중 (DB-24 : Pr : 96.0 kN)

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

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

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

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

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

다) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} \\ &= 1.3 \times 5.469 + 2.15 \times 33.28 = 78.662 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

라) 바닥판의 최소 두께 (도.설 3.6.1.5)

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

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

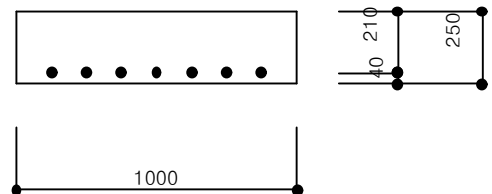
$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 78.662 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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



[Req'd d & As] (콘.설 6.3.2)

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

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

$$= 78662000$$

$$\begin{aligned}
\therefore \text{Req'd } A_s &= 1157.29 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1543.05 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 420.00 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 735.00 \text{ mm}^2 \\
\text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 682.00 \text{ mm}^2 \\
\text{USE } H 16 @ 250 &= 794.40 \text{ mm}^2 \\
H 16 @ 250 &= 794.40 \text{ mm}^2 \\
\hline
A_{suse} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
\end{aligned}$$

[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]

$$\begin{aligned}
\text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a / 0.85 = 32.578 \text{ mm} \\
\text{Max. } a &= 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / 0.85 \times f_{ck} \times b = 27.692 \text{ mm} \\
j d &= d - a / 2 = 196.154 \text{ mm} \\
C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\
\Phi M_n &= \Phi f_y \times A_s \times j d = 105.961 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 78.662 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K.
\end{aligned}$$

· 배력철근의 계산 (도.설 3.6.1.4)

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

$$A_s \times 67\% = 1157.288 \times 0.67 = 775.4 \text{ mm}^2$$

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

$$\text{USE } H 13 @ 150 = 844.7 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!$$

② 중앙지간 단부

[Req'd d&As]

들보단부이외의 중간지간의 바닥판에 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

$$\begin{aligned}
\text{Req'd } d\&A_s &= 1157.3 \text{ mm}^2 \times 2 = 2314.6 \text{ mm}^2 \\
\text{USE } H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
\hline
A_{suse} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
\end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned}
\text{Req'd } d\&A_s &= 775.4 \text{ mm}^2 \times 2 = 1550.8 \text{ mm}^2 \\
\text{USE } H 22 @ 150 &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
\end{aligned}$$

[배치범위]

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

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께

(도.설 4.3)

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

② 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{max} = 38.749 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$M = M_d + M_{I+I} = 5.469 + 33.280 = 38.749 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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

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

$$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{38.749 \times 1000000}{0.0076 \times 1000 \times 0.902 \times 210^2}$$

$$= 128.690 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad 531.94$$

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

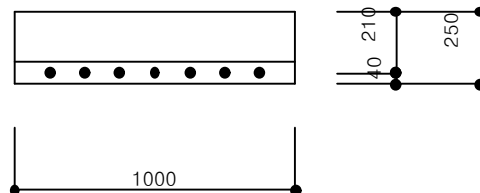
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

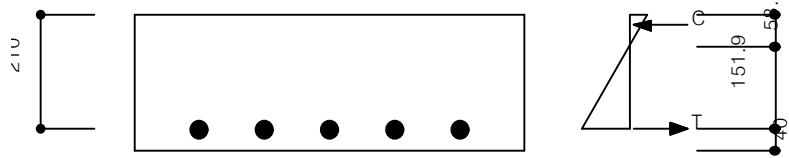
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

$$\begin{aligned} \textcircled{c} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{(dc \times A)} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.27 \times 128.690 \times \sqrt[3]{(40 \times 10000.0)} \times 0.00001 \\ &= 0.13 \text{ mm} < \omega_a = 0.160 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

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

$$= 188.5 / 148.5 = 1.27$$



3.3 내부지점부 주장을검토

(지점부 부모멘트 구간에 인장을 받는 바닥판 콘크리트의 교축방향 철근)

· 바닥판 콘크리트 단면적의 2% 이상 (도.설 3.9.2.3)

· 주장을 0.0045 mm / mm² 이상

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

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

· 사용 철근량 :

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

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

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

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

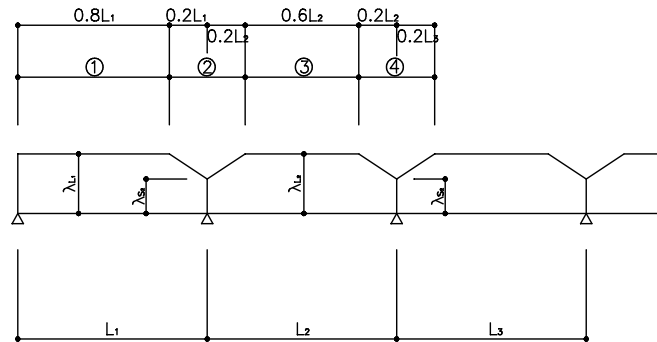
$$\begin{aligned} \cdot \text{주장을} &= \frac{\pi \times 22.2 \times 10.000 + \pi \times 22.2 \times 10.000}{250000} \\ &= 0.0056 > 0.0045 \quad \text{O.K.!!} \end{aligned}$$

4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

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

가) 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



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

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

$L_1 = 44.500$ m

$L_2 = 52.000$ m

$L_3 = 52.000$ m

$L_4 = 52.000$ m

$L_5 = 51.500$ m

1. 제 1 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

2. 제 1 중간 지점부

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

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

3. 제 2 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

4. 제 2 중간 지점부

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

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

5. 제 3 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

6. 제 3 중간 지점부

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

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

7. 제 4 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

8. 제 4 중간 지점부

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

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

9. 제 5 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

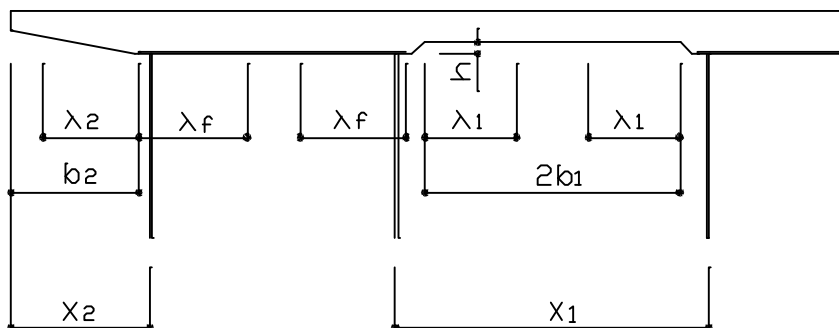
$$\lambda L5 = b = 1.3 \text{ m}$$

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

나) 바닥판 유효폭 (도.설 3.9.2.4)

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

1) GIRDER - 1



$X1 = 3.344$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X2 = 1.173$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$be = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b1 = X1 - 2(be + h) = 3.344 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 3.044 \text{ m}$$

$$b2 = X2 - be = 1.173 - 0.1 = 1.073 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 35.6 = 0.043$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 35.6 = 0.030$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.445 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 19.3 = 0.079$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.272 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 19.3 = 0.056$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.961 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.732 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.445 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 20.8 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.973 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.799 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.445 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 20.8 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.973 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.799 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.445 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.7 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 20.7 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.972 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.794 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_5 = 0.8 \times 51.5 = 41.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.522 / 41.2 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 41.2 = 0.026$$

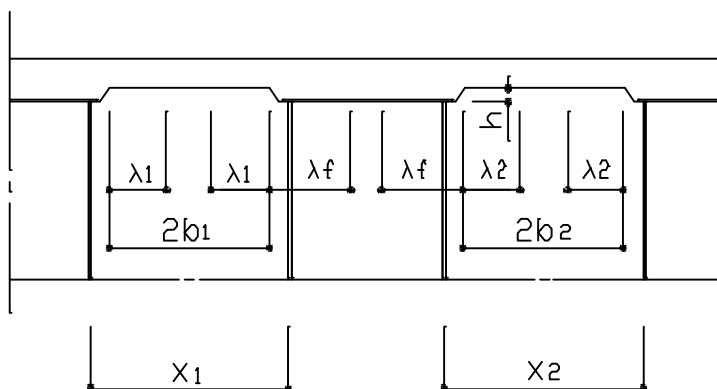
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.445 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



$X1 = 3.344$: Girder - 1, 2 의 복부사이의 간격

$X2 = 3.344$: Girder - 2, 3 의 복부사이의 간격

$h = 0.050$: 헌치 높이

$be = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b1 = X1 - 2(be + h) = 3.344 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 3.044 \text{ m}$$

$$2b2 = X2 - 2(be + h) = 3.344 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 3.044 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 35.6 = 0.043$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 35.6 = 0.043$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.522 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.944 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 19.3 = 0.079$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.272 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 19.3 = 0.079$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.272 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.093 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.522 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.944 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.170 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.522 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.944 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.170 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.522 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + 2 \times h = 5.944 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.7 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.522 / 20.7 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + 2 \times h = 5.164 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_5 = 0.8 \times 51.5 = 41.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.522 / 41.2 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.522 / 41.2 = 0.037$$

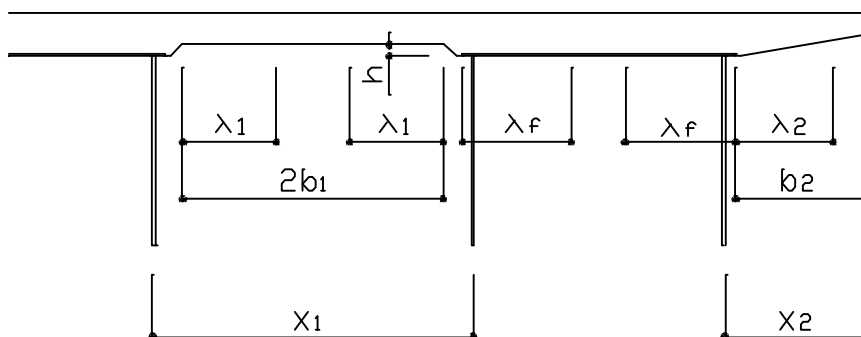
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.522 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + 2 \times h = 5.944 \text{ m}$$

3) GIRDER - 3



$X1 = 3.344$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X2 = 1.173$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$be = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b1 = X1 - 2(be + h) = 3.344 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 3.044 \text{ m}$$

$$b2 = X2 - be = 1.173 - 0.1 = 1.073 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 35.6 = 0.043$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 35.6 = 0.030$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.445 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 19.3 = 0.079$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.272 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 19.3 = 0.056$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.961 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.732 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.445 \text{ m}$$

4. 제 2 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 20.8 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.973 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.799 \text{ m}$$

5. 제 3 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.445 \text{ m}$$

6. 제 3 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 20.8 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.973 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.799 \text{ m}$$

7. 제 4 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 31.2 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.445 \text{ m}$$

8. 제 4 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.7 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 20.7 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.972 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.794 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_5 = 0.8 \times 51.5 = 41.200 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.522 / 41.2 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 41.2 = 0.026$$

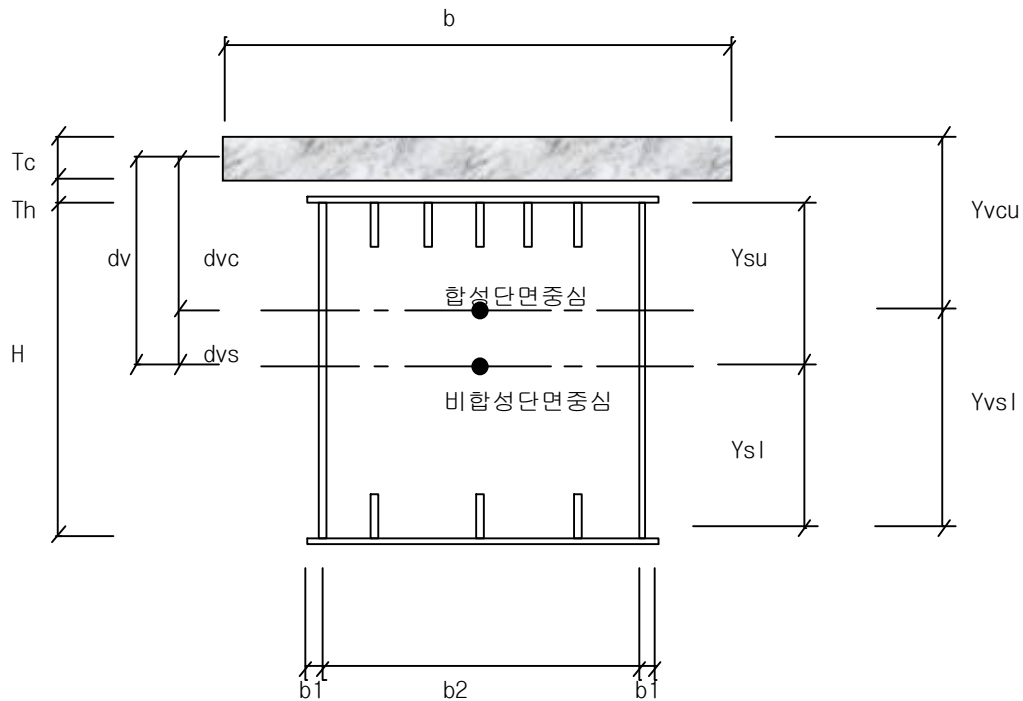
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.073 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.445 \text{ m}$$

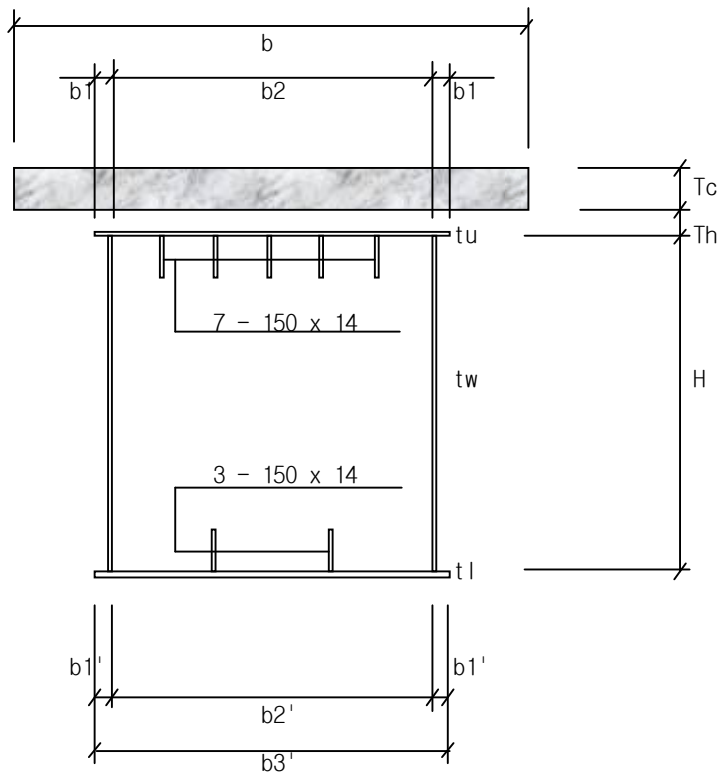
4.2 단 면 가 정



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	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2200.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

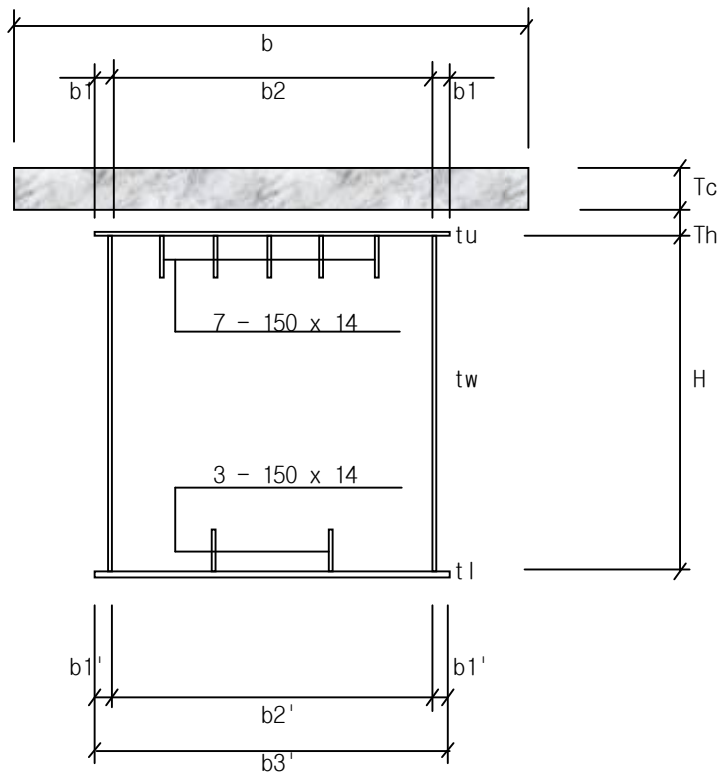
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 141000 + 1361125 / 8 = 311141 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2200.000 / 2 - 61.064 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1213.94 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1213.936 \times 141000 / 311141 = 550.12 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1213.936 - 550.121 = 663.82 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 125075006026 + 7089192708 / 8 + 141000 \times 663.815^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 550.121^2 = 239583074194 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 133962214400 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 554246141929 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 2 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 142149324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

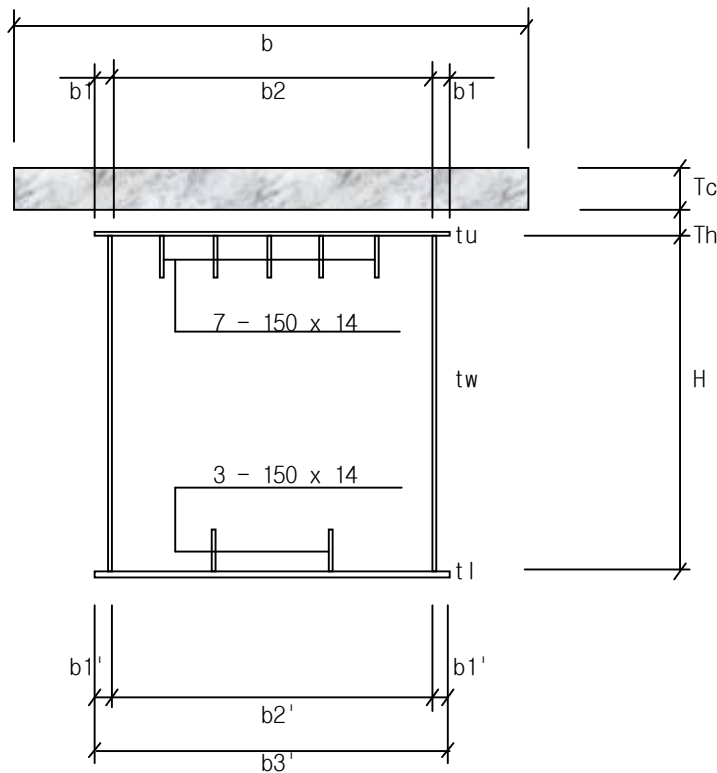
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 145800 + 1361125 / 8 = 315941 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 64.815 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1310.19 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1310.185 \times 145800 / 315941 = 604.62 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1310.185 - 604.623 = 705.56 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 151391905600 + 7089192708 / 8 + 145800 \times 705.56^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 604.623^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 142149324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 562433252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 3 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

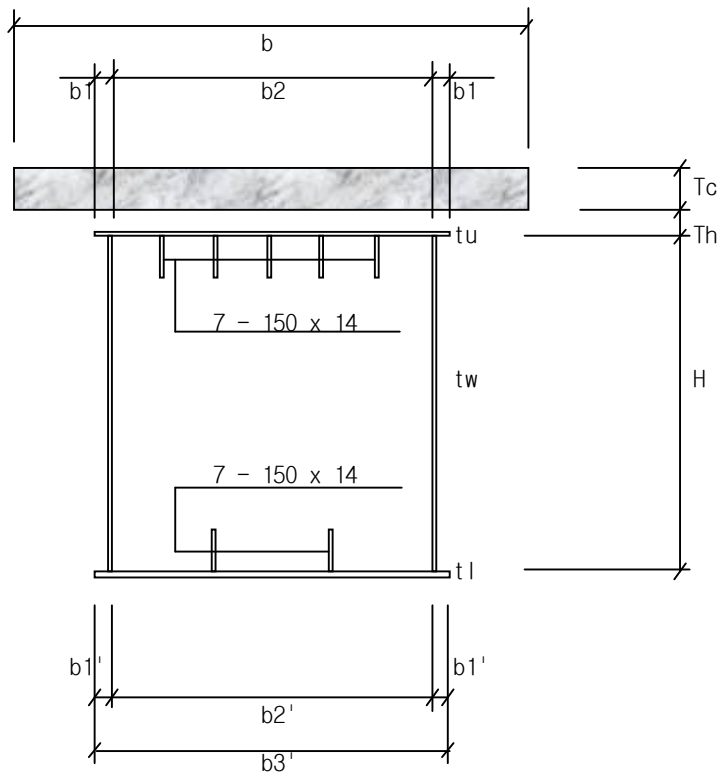
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 162600 + 1361125 / 8 = 332741 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 67.417 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1442.42 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1442.417 \times 162600 / 332741 = 704.86 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1442.417 - 704.864 = 737.55 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 176066011129 + 7089192708 / 8 + 162600 \times 737.55^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 704.864^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 153125324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 573409252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 4 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 12.0	33600	1206.00	40521600	48869049600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 18.0	50400	-1209.00	-60933600	73668722400	1360800
TOTAL		171000		-20412000	159747147000	27704889000

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

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

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

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

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

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

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

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

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

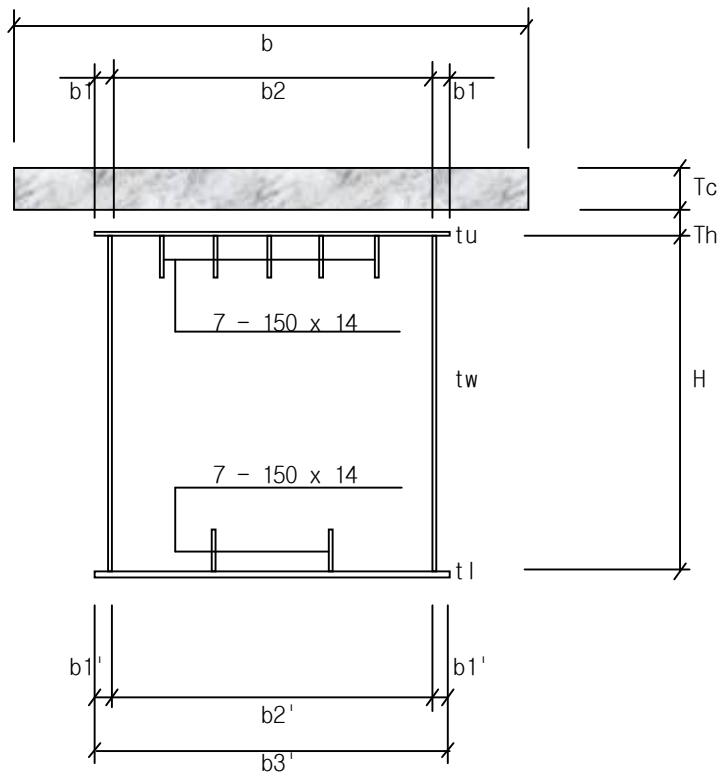
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 171000 + 1361125 / 8 = 341141 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 119.368 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1494.37 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1494.368 \times 171000 / 341141 = 749.07 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1494.368 - 749.066 = 745.30 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 185015487789 + 7089192708 / 8 + 171000 \times 745.30^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 749.066^2 = 376353864347 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 153125324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 573409252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 5 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

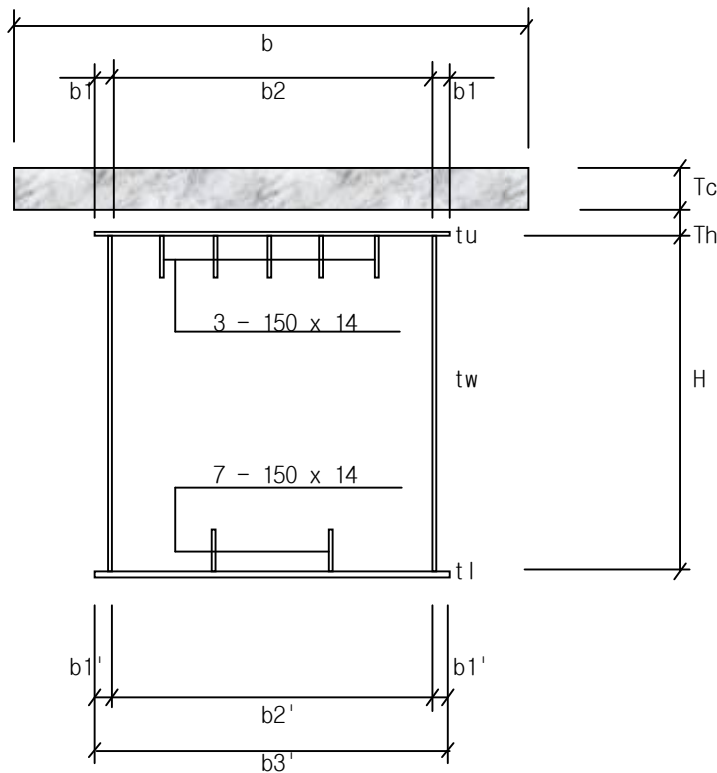
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 187800 + 1361125 / 8 = 357941 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1375.000 \times 187800 / 357941 = 721.42 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 721.419 = 653.58 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 212252666400 + 7089192708 / 8 + 187800 \times 653.581^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 721.419^2 = 381909890229 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 164101324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 584385252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 6 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 24.0	67200	1212.00	81446400	98713036800	3225600
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 24.0	67200	-1212.00	-81446400	98713036800	3225600
TOTAL		213000		-9450000	224004198600	27693826200

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

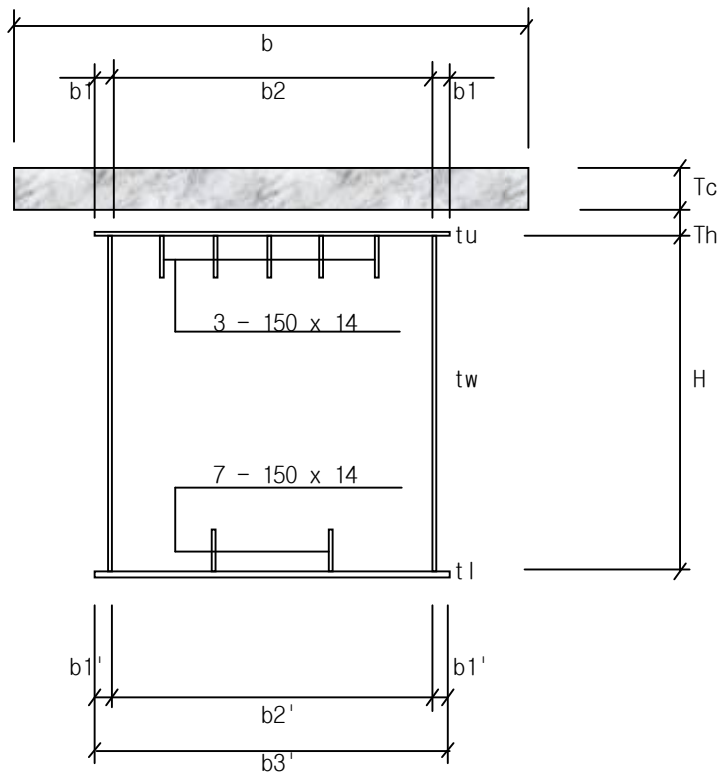
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 213000 + 1361125 / 8 = 383141 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 44.366 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1419.37 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1419.366 \times 213000 / 383141 = 789.07 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1419.366 - 789.071 = 630.30 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 251278764237 + 7089192708 / 8 + 213000 \times 630.296^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 789.071^2 = 442719031995 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 186053324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 606337252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 7 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 30.0	84000	1215.00	102060000	124002900000	6300000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
W E B	2 - 2400.0 X 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 30.0	84000	-1215.00	-102060000	124002900000	6300000
TOTAL		256200		-9450000	274583925000	32307975000

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

$$= 274583925000 + 32307975000 = 306891900000 \text{ mm}^4$$

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

$$= -9450000 / 256200 = -36.89 \text{ mm}$$

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

$$= 306891900000 - 256200 \times (-36.885)^2 = 306543334426 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 30 / 12) + (2800^3 \times 30 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2600 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2 = 224555430400 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 30.000 / 2 + 30.000 / 2 = 2430.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2614^2 \times 2430^2) / (2 \times 2430/14 + 2614/30 + 2614/30) \\
&= 309531423865 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

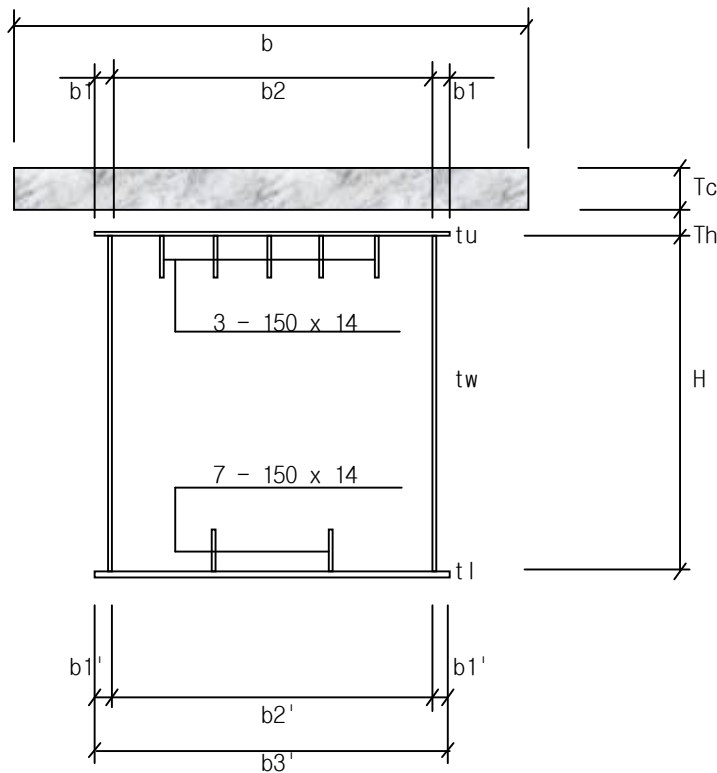
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 256200 + 1361125 / 8 = 426341 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 36.885 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1411.89 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1411.885 \times 256200 / 426341 = 848.44 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1411.885 - 848.441 = 563.44 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 306543334426 + 7089192708 / 8 + 256200 \times 563.444^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 848.441^2 = 511241239855 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 224555430400 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 644839357929 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2614^2 \times 2430^2) / (2 \times 2430/14 + 2614/61.25 + 2614/30) \\
&= 338382149630 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 8 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 30.0	84000	1215.00	102060000	124002900000	6300000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 24.0	67200	-1212.00	-81446400	98713036800	3225600
TOTAL		229800		11163600	249294061800	27696900600

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

$$= 249294061800 + 27696900600 = 276990962400 \text{ mm}^4$$

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

$$= 11163600 / 229800 = 48.58 \text{ mm}$$

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

$$= 276990962400 - 229800 \times 48.58^2 = 276448638793 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 30 / 12) + (2800^3 \times 24 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 197029324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 30.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2427.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2427^2) / (2 \times 2427/12 + 2612/30 + 2612/24) \\
&= 267735035156 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

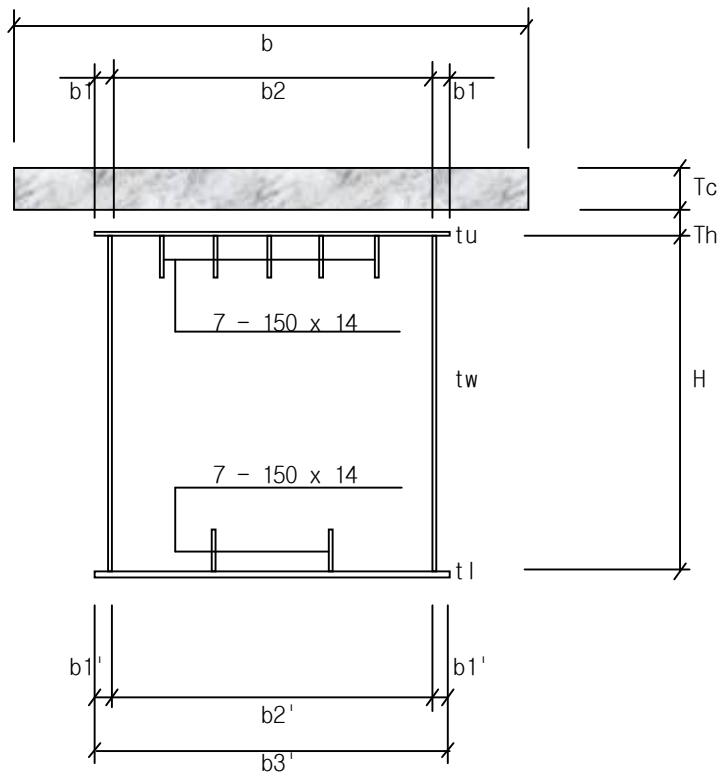
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 229800 + 1361125 / 8 = 399941 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 48.580 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1326.42 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1326.420 \times 229800 / 399941 = 762.14 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1326.420 - 762.142 = 564.28 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 276448638793 + 7089192708 / 8 + 229800 \times 564.279^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 762.142^2 = 449333379129 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 197029324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 617313252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2427^2) / (2 \times 2427/12 + 2612/61.25 + 2612/24) \\
&= 289126634930 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 단면 < 9 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= (2800^3 \times 24 / 12) + (2800^3 \times 18 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 175077324800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

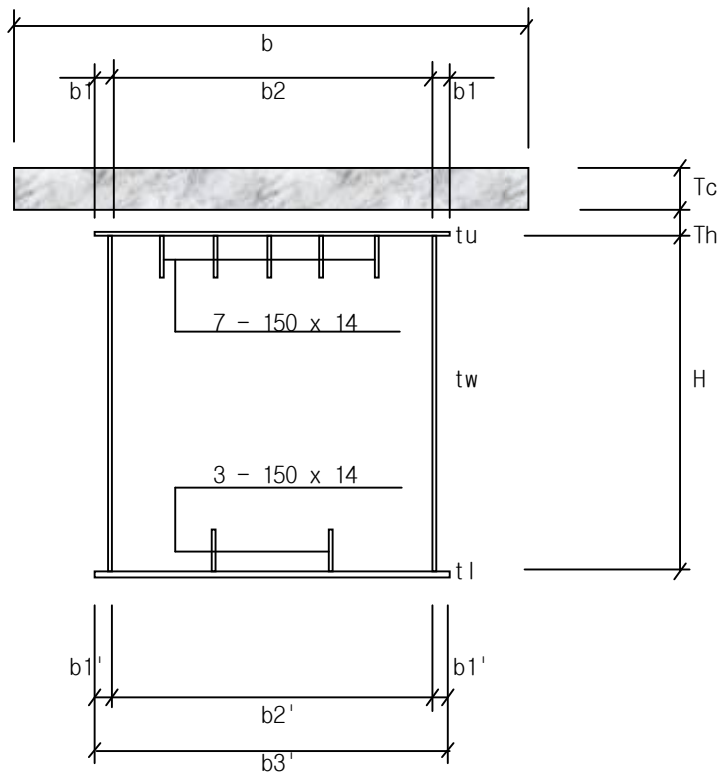
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 204600 + 1361125 / 8 = 374741 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 100.258 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1274.74 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1274.742 \times 204600 / 374741 = 695.98 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1274.742 - 695.981 = 578.76 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 235242271974 + 7089192708 / 8 + 204600 \times 578.761^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 695.981^2 = 387076441747 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 175077324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 595361252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 10 >



b	=	5444.500	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2600.000	mm
b3	=	2800.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2600.000	mm
b3'	=	2800.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2800.0 X 14.0	39200	1207.00	47314400	57108480800	640267
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 14.0	39200	-1207.00	-47314400	57108480800	640267
TOTAL		157000		9450000	140795086600	27688655533

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

$$= 140795086600 + 27688655533 = 168483742133 \text{ mm}^4$$

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

$$= 9450000 / 157000 = 60.19 \text{ mm}$$

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

$$= 168483742133 - 157000 \times 60.191^2 = 167914936401 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 14 / 12) + (2800^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 149466658133 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 14.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2414.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t u + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2612/14 + 2612/14) \\
&= 205074848738 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

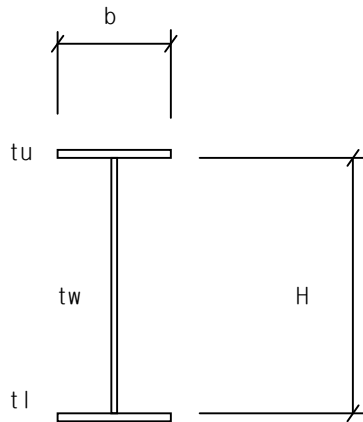
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 157000 + 1361125 / 8 = 327141 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 60.191 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1314.81 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1314.809 \times 157000 / 327141 = 631.00 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1314.809 - 630.998 = 683.81 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 167914936401 + 7089192708 / 8 + 157000 \times 683.811^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 630.998^2 = 309956804611 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 149466658133 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 569750585662 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t w + b k / t_{cu} + b k / t l) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2612/45.25 + 2612/14) \\
&= 245938213109 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 가로보 - 1



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

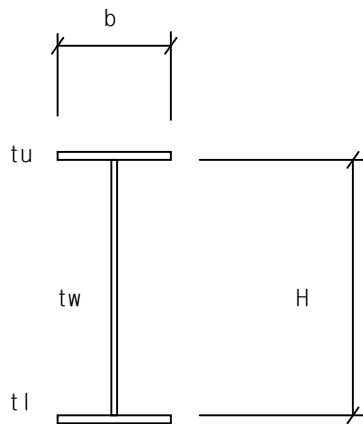
모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

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

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

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

◎ 세로보 - 1



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

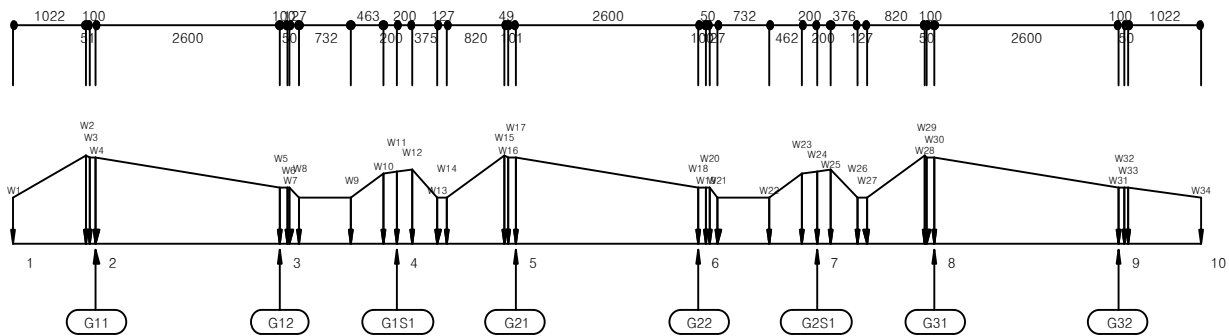
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

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

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

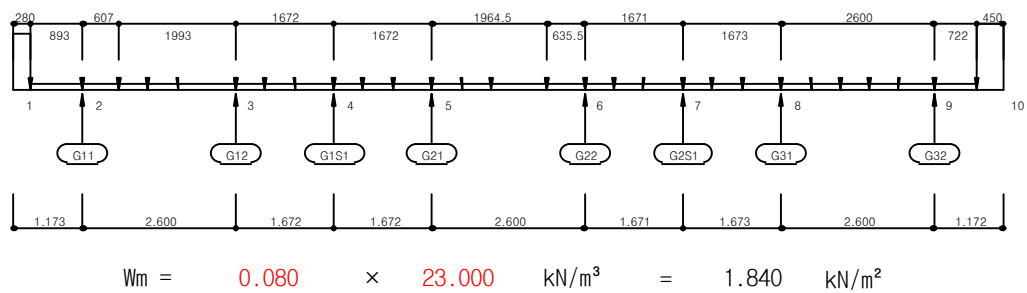


W1 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W2 =	0.474	×	25.000	kN/m ³	=	11.850	kN/m ²
W3 =	0.471	×	25.000	kN/m ³	=	11.775	kN/m ²
W4 =	0.465	×	25.000	kN/m ³	=	11.625	kN/m ²
W5 =	0.309	×	25.000	kN/m ³	=	7.725	kN/m ²
W6 =	0.303	×	25.000	kN/m ³	=	7.575	kN/m ²
W7 =	0.300	×	25.000	kN/m ³	=	7.500	kN/m ²
W8 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W9 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W10 =	0.376	×	25.000	kN/m ³	=	9.400	kN/m ²
W11 =	0.387	×	25.000	kN/m ³	=	9.675	kN/m ²
W12 =	0.398	×	25.000	kN/m ³	=	9.950	kN/m ²
W13 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W14 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W15 =	0.474	×	25.000	kN/m ³	=	11.850	kN/m ²
W16 =	0.471	×	25.000	kN/m ³	=	11.775	kN/m ²
W17 =	0.465	×	25.000	kN/m ³	=	11.625	kN/m ²

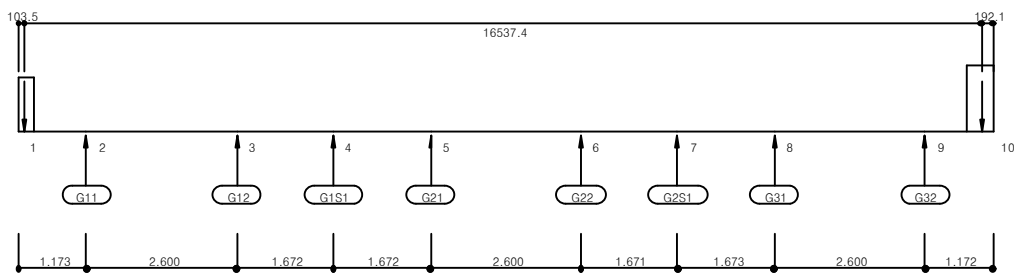
$$\begin{aligned}
 W18 &= 0.309 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.725 \text{ kN/m}^2 \\
 W19 &= 0.303 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.575 \text{ kN/m}^2 \\
 W20 &= 0.300 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \\
 W21 &= 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2 \\
 W22 &= 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2 \\
 W23 &= 0.376 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 9.400 \text{ kN/m}^2 \\
 W24 &= 0.387 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 9.675 \text{ kN/m}^2 \\
 W25 &= 0.398 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 9.950 \text{ kN/m}^2 \\
 W26 &= 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2 \\
 W27 &= 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2 \\
 W28 &= 0.474 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 11.850 \text{ kN/m}^2 \\
 W29 &= 0.471 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 11.775 \text{ kN/m}^2 \\
 W30 &= 0.465 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 11.625 \text{ kN/m}^2 \\
 W31 &= 0.309 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.725 \text{ kN/m}^2 \\
 W32 &= 0.303 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.575 \text{ kN/m}^2 \\
 W33 &= 0.300 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \\
 W34 &= 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

2) 합성후 고정하중

아스팔트



방호벽 자중



$$P1 = 4.272 \text{ kN/m}$$

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

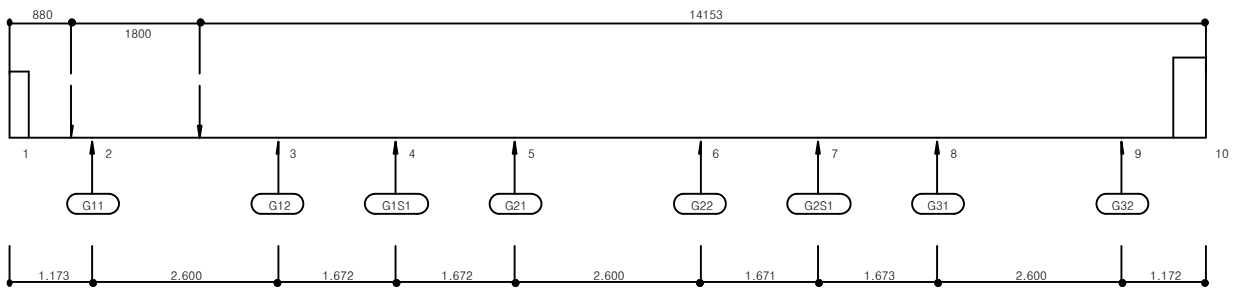
3) 활하중

$$\text{연석간의 교폭 } W_c = 16.103 \text{ m}$$

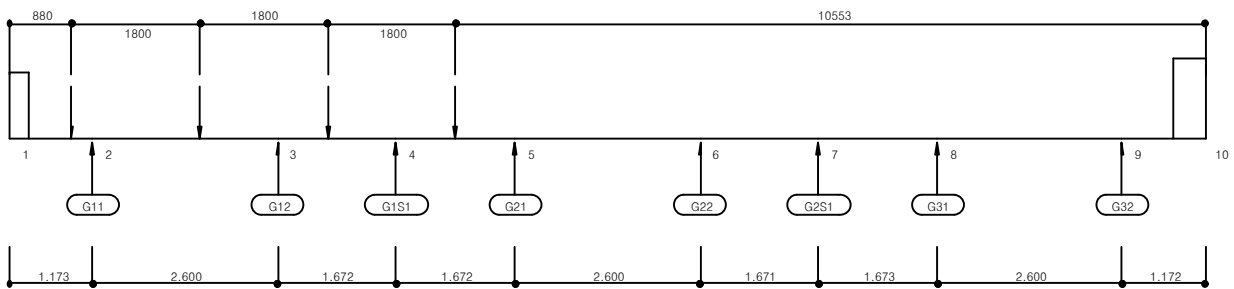
$$\therefore \text{설계 차로수 } N = 4 \quad (\text{도.설 2.1.3})$$

$$\text{설계 차로폭 } W = W_c / N = 16.103 / 4 = 4.026 \text{ m} > 3.6 \text{ m} \Rightarrow W = 3.600 \text{ m}$$

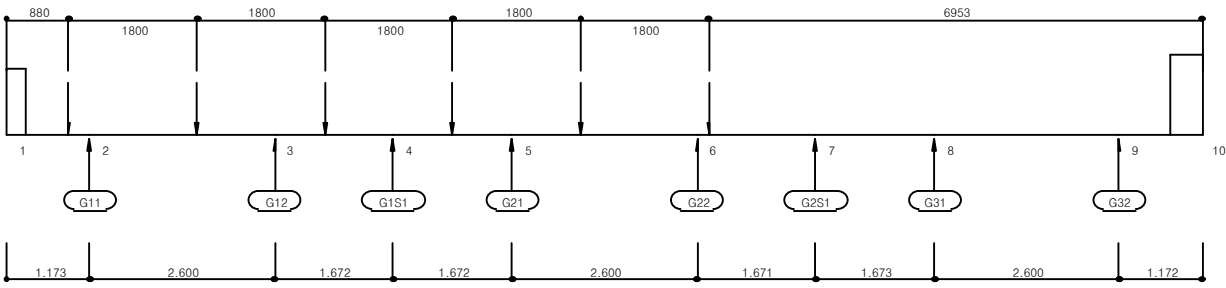
<G1 Max DB 1선>



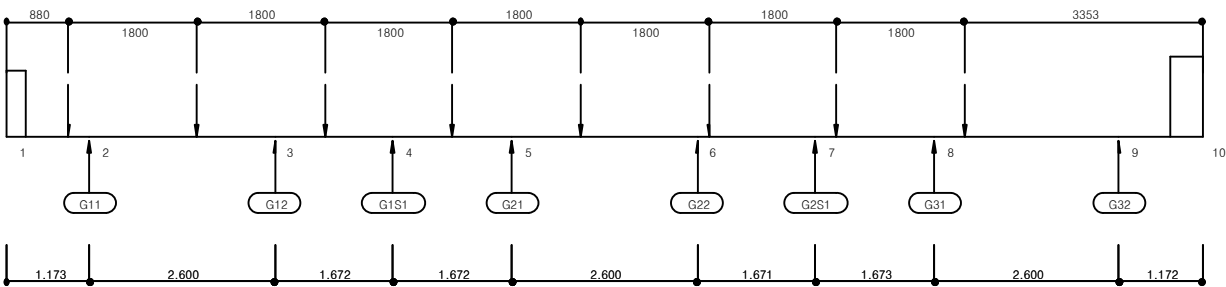
<G1 Max DB 2선>



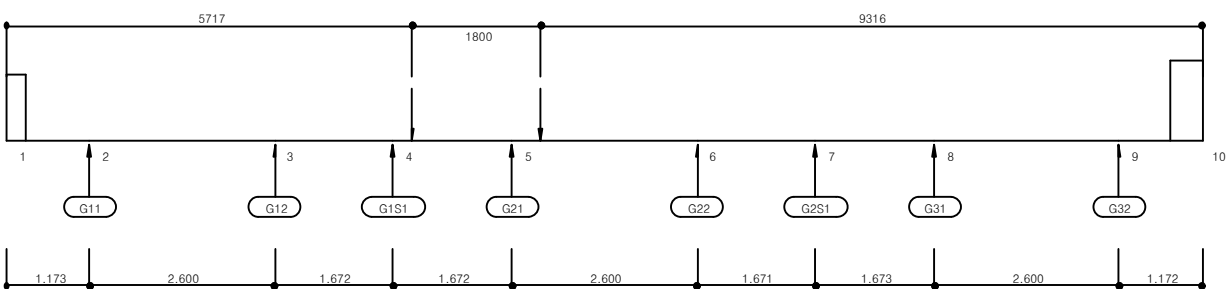
<G1 Max DB 3선>



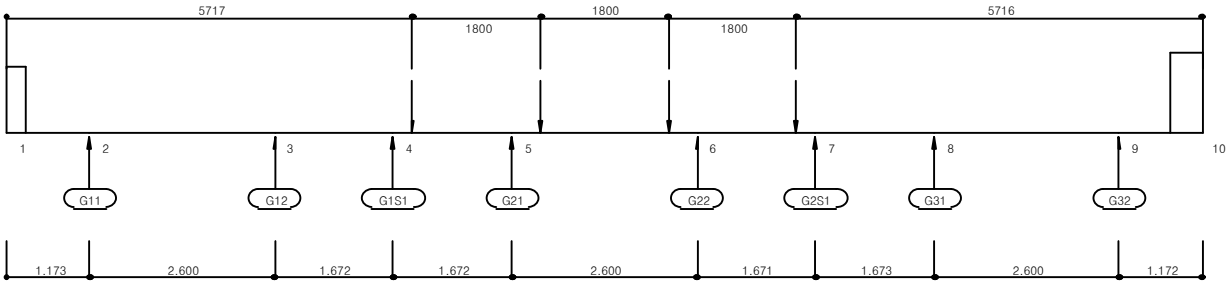
<G1 Max DB 4선>



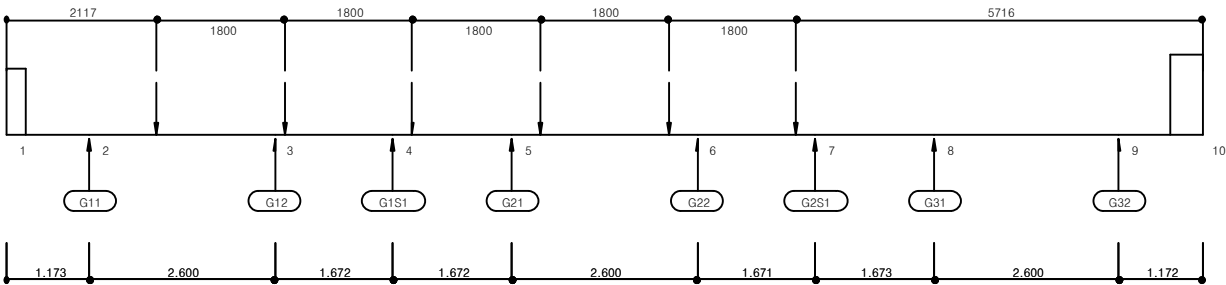
<G2 Max DB 1선>



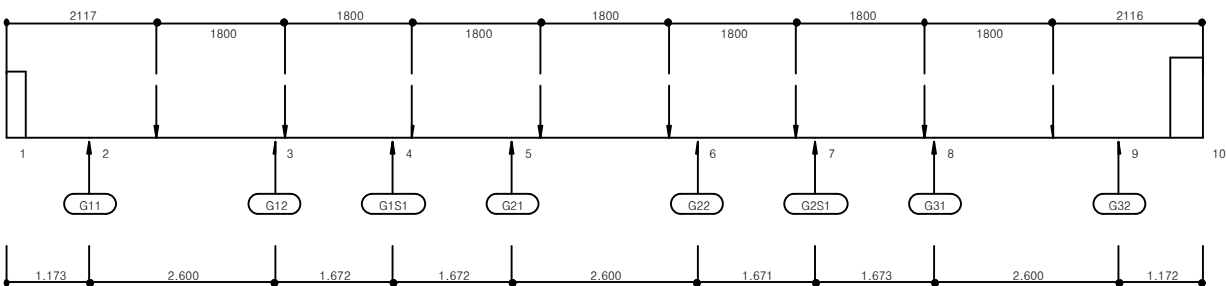
<G2 Max DB 2선>



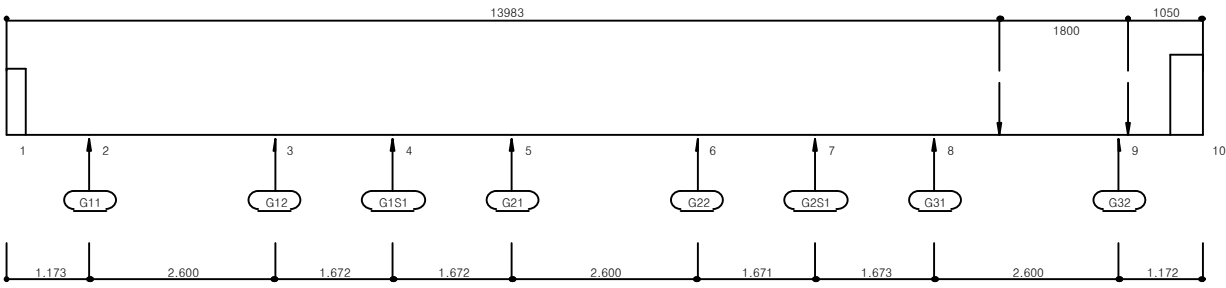
<G2 Max DB 3선>



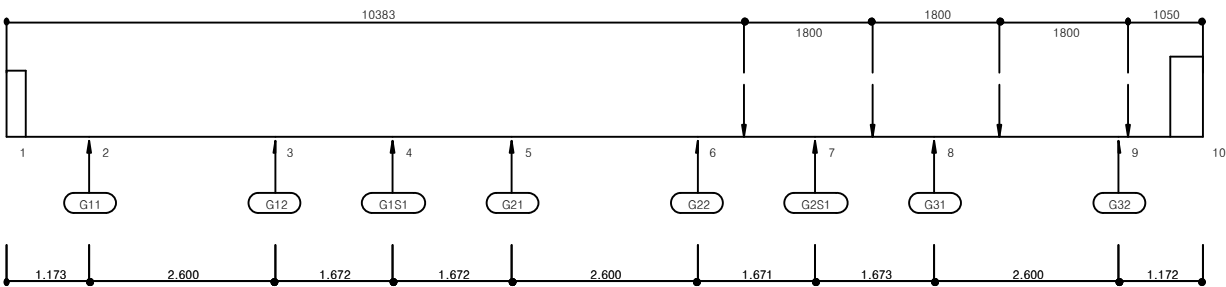
<G2 Max DB 4선>



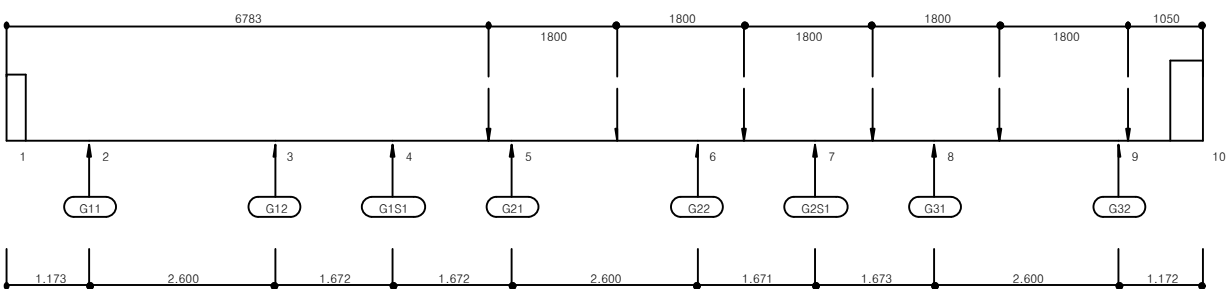
<G3 Max DB 1선>



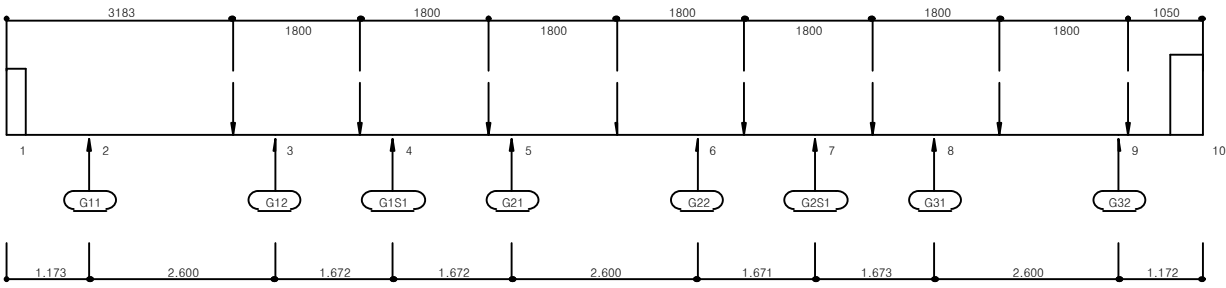
<G3 Max DB 2선>



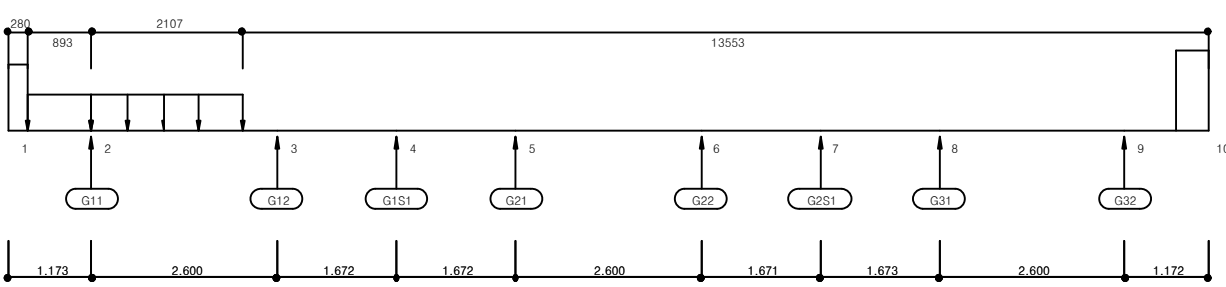
<G3 Max DB 3선>



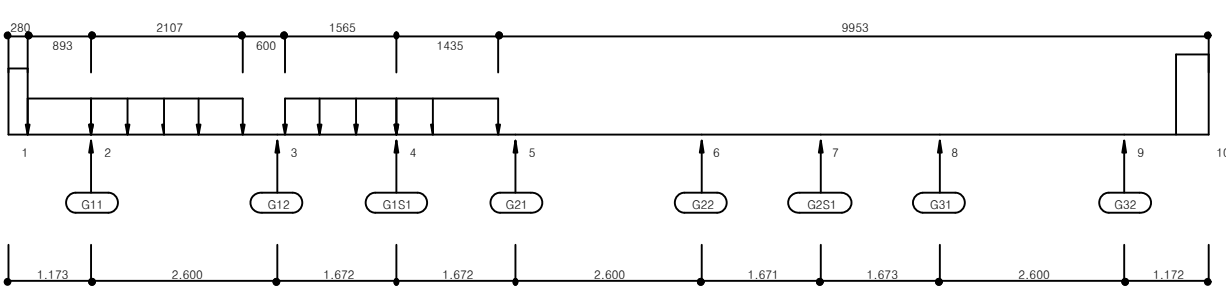
<G3 Max DB 4선>



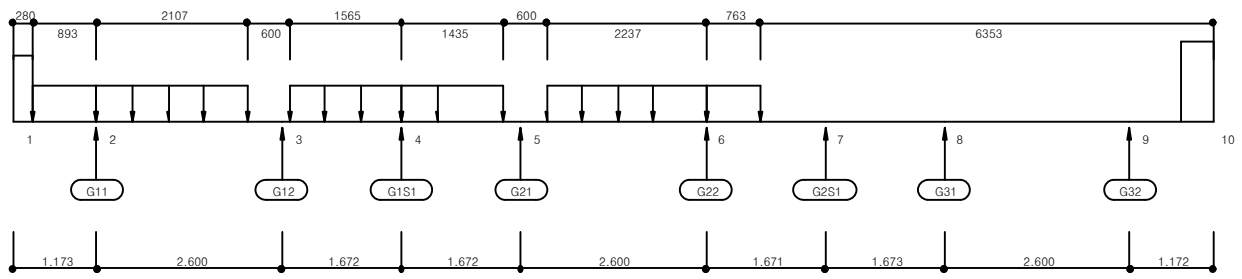
<G1 Max DL 1선>



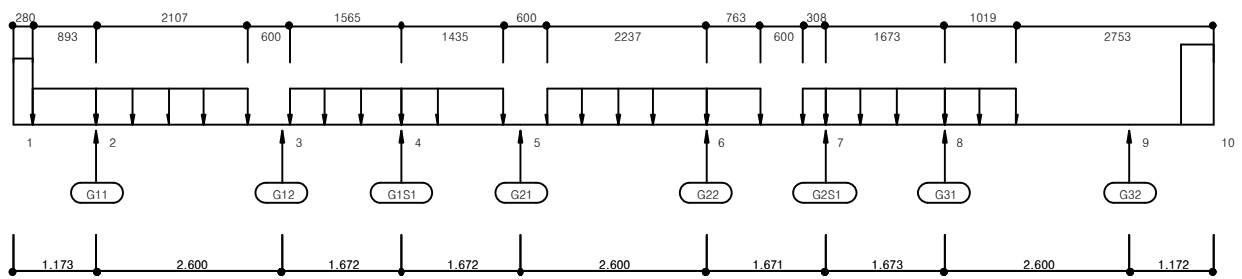
<G1 Max DL 2선>



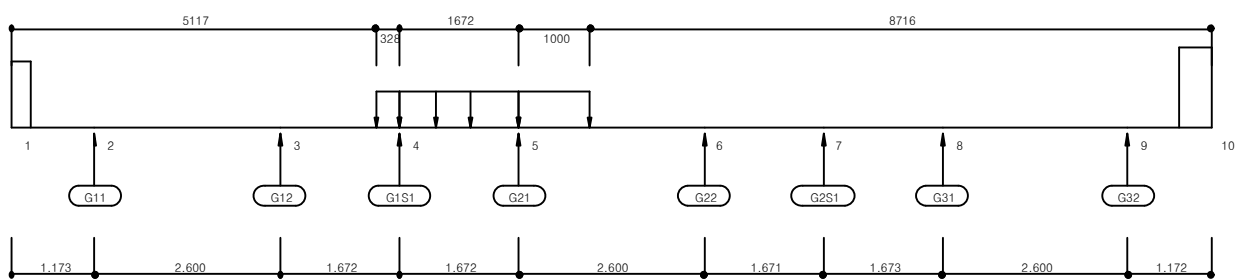
<G1 Max DL 3선>



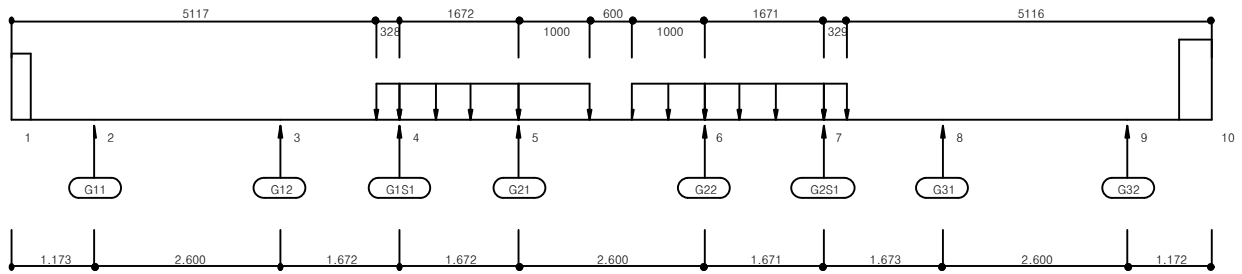
<G1 Max DL 4선>



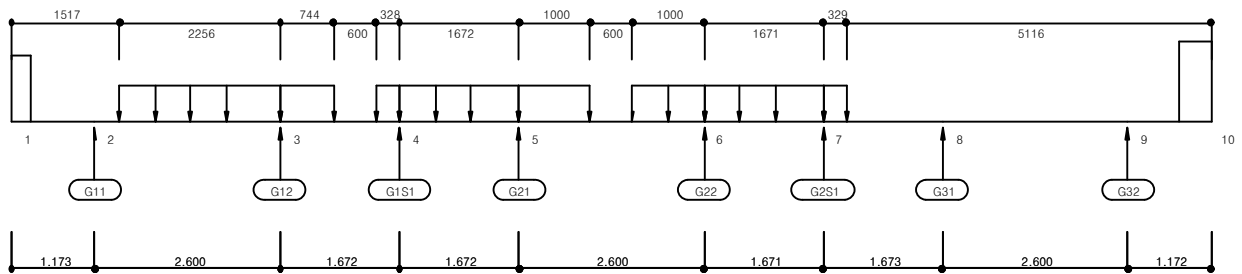
<G2 Max DL 1선>



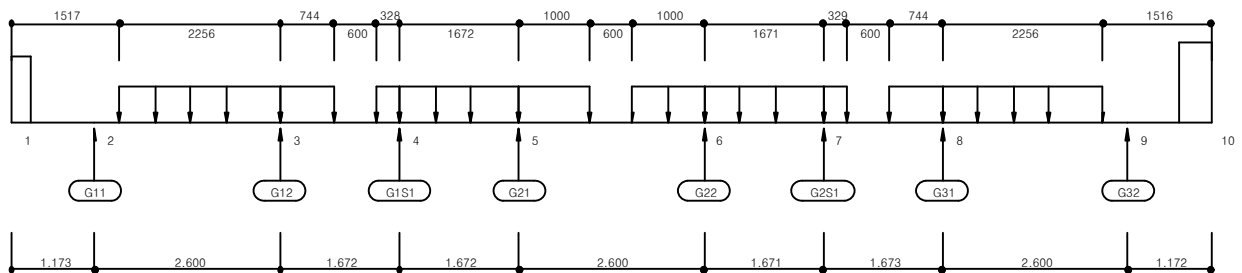
<G2 Max DL 2선>



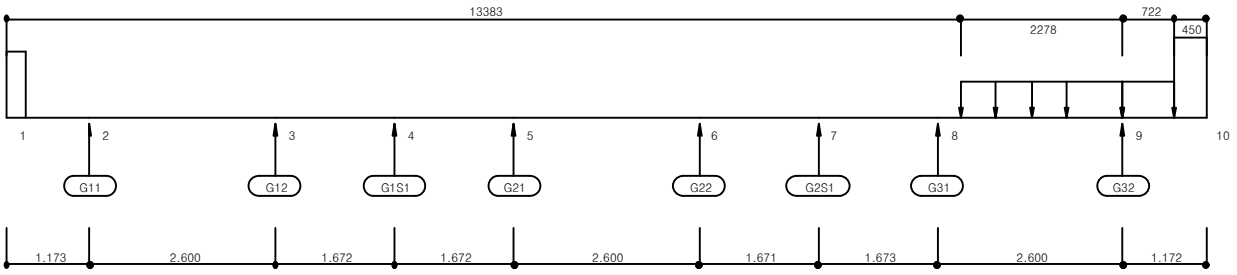
<G2 Max DL 3선>



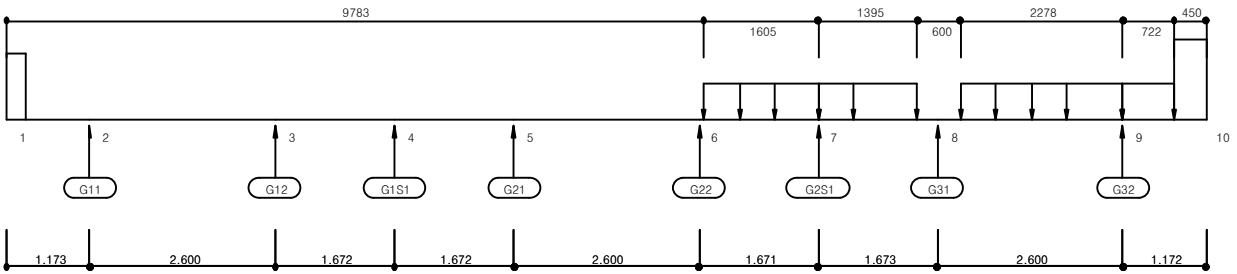
<G2 Max DL 4선>



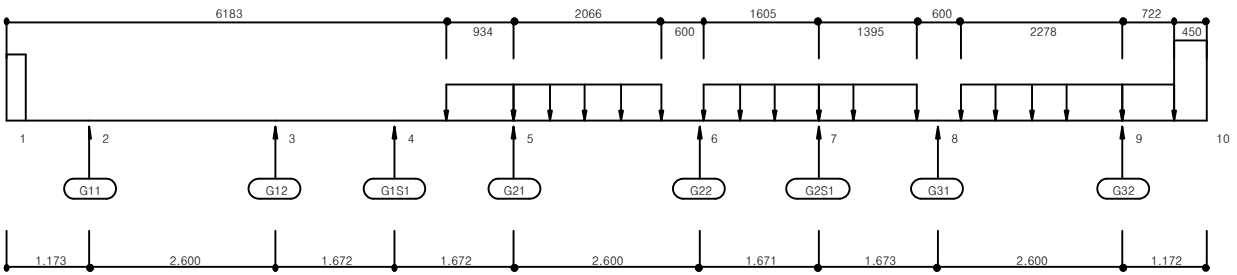
<G3 Max DL 1선>



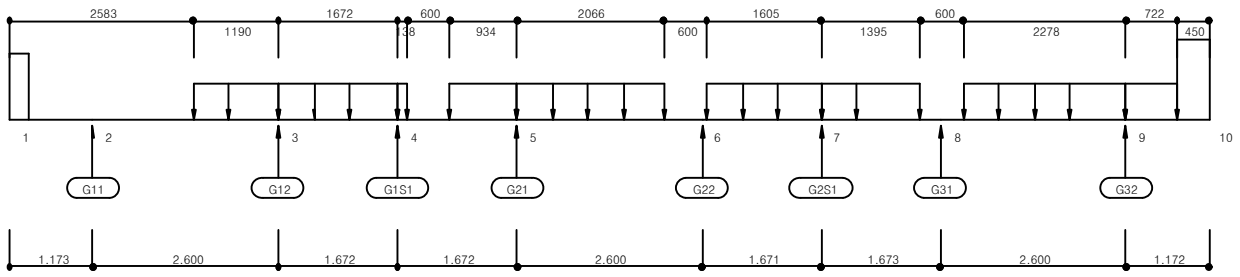
<G3 Max DL 2선>



<G3 Max DL 3선>



<G3 Max DL 4선>



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

전륜 하중 $P_f = 24.000 \text{ kN}$

후륜 하중 $P_r = 96.000 \text{ kN}$

◁ DL-24 (차선하중)

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

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

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

5) 충격계수

(도.설 2.1.4)

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

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

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

◁ 제1 지간

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

◁ 제2 지간

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

◁ 제3 지간

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

◁ 제4 지간

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

◁ 제5 지간

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

◁ 제1 내부지점

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

◁ 제2 내부지점

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

◁ 제3 내부지점

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

◁ 제4 내부지점

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

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.178 를 적용함.

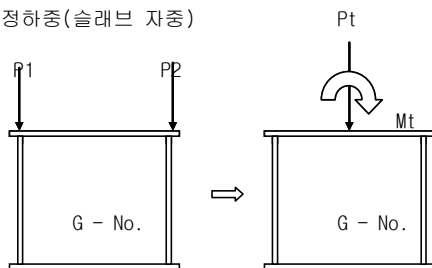
나. 주형별 작용 하중

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

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

- 단 면 - 1 : 0.141 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 15.359 kN/m
- 단 면 - 2 : 0.146 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 15.882 kN/m
- 단 면 - 3 : 0.163 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 17.712 kN/m
- 단 면 - 4 : 0.171 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 18.627 kN/m
- 단 면 - 5 : 0.188 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 20.457 kN/m
- 단 면 - 6 : 0.213 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 23.202 kN/m
- 단 면 - 7 : 0.256 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 27.908 kN/m
- 단 면 - 8 : 0.230 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 25.032 kN/m
- 단 면 - 9 : 0.205 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 22.287 kN/m
- 단 면 - 10 : 0.157 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 17.102 kN/m
- 가로보 - 1 : 0.021 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 2.288 kN/m
- 세로보 - 1 : 0.014 m² × 78.50 kN/m³ × 1.38766 = 1.525 kN/m

2) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



합성전		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	비고
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
슬래브 자중	P1	25.132	24.130	23.951	8.791	8.599	kN/m
	P2	18.845	19.542	19.860			
	Pt	43.977	43.672	43.811	8.791	8.599	
	Mt	-8.173	-5.964	-5.318			kN · m/m

3) 합성후 고정하중

합성후		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	비고
Pavement 및 방호벽, 중분대	P1	10.547	4.137	-1.500	3.551	4.598	kN/m
	P2	1.039	3.848	16.049			
	Pt	11.586	7.985	14.549	3.551	4.598	
	Mt	-12.360	-0.376	22.814			kN · m/m

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

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

$$W = 0.50 \times 16.833 / 3 = 2.806 \text{ kN/m}$$

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	단 위
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
1 차선 재하시	P1	1.446	0.050	-0.001	-0.215	0.004	kN/m
	P2	0.726	-0.010	0.000			
	Pt	2.172	0.041	-0.001	-0.215	0.004	
	Mt	-0.936	-0.078	0.001			kN · m/m
	e	-0.431	-1.927	-1.577			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.417	0.479	-0.006	0.932	0.028	kN/m
	P2	1.218	-0.069	0.001			
	Pt	2.636	0.410	-0.006	0.932	0.028	
	Mt	-0.258	-0.712	0.009			kN · m/m
	e	-0.098	-1.736	-1.573			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	1.412	1.291	0.010	0.705	-0.044	kN/m
	P2	1.268	1.358	-0.001			
	Pt	2.681	2.649	0.009	0.705	-0.044	
	Mt	-0.187	0.087	-0.014			kN · m/m
	e	-0.070	0.033	-1.574			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	1.412	1.300	1.229	0.702	0.707	kN/m
	P2	1.269	1.314	0.067			
	Pt	2.682	2.614	1.297	0.702	0.707	
	Mt	-0.186	0.019	-1.511			kN · m/m
	e	-0.069	0.007	-1.165			편심(e)=Mt/PT

< DB-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	단 위
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
1 차선 재하시	P1	0.004	1.166	0.012	0.780	-0.053	kN/m
	P2	-0.042	0.136	-0.001			
	Pt	-0.038	1.301	0.011	0.780	-0.053	
	Mt	-0.060	-1.338	-0.017			kN · m/m
	e	1.574	-1.028	-1.574			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.003	1.302	-0.030	0.726	0.726	kN/m
	P2	-0.031	1.301	0.003			
	Pt	-0.028	2.603	-0.028	0.726	0.726	
	Mt	-0.044	-0.001	0.043			kN · m/m
	e	1.574	0.000	-1.574			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.522	1.338	-0.031	0.571	0.729	kN/m
	P2	1.574	1.294	0.003			
	Pt	2.096	2.632	-0.028	0.571	0.729	
	Mt	1.368	-0.057	0.044			kN · m/m
	e	0.653	-0.022	-1.574			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	0.522	1.331	1.574	0.574	0.574	kN/m
	P2	1.573	1.330	0.522			
	Pt	2.095	2.661	2.095	0.574	0.574	
	Mt	1.367	-0.001	-1.367			kN · m/m
	e	0.653	0.000	-0.653			편심(e)=Mt/PT

< DB-24 G3 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	단 위
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
1 차선 재하시	P1	0.000	-0.012	0.912	0.005	-0.261	kN/m
	P2	-0.001	0.061	1.296			
	Pt	-0.001	0.049	2.208	0.005	-0.261	
	Mt	-0.002	0.095	0.499			kN · m/m
	e	1.579	1.926	0.226			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.001	-0.074	1.299	0.030	0.884	kN/m
	P2	-0.007	0.597	1.269			
	Pt	-0.006	0.524	2.568	0.030	0.884	
	Mt	-0.009	0.872	-0.039			kN · m/m
	e	1.574	1.666	-0.015			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.001	1.374	1.346	0.053	0.674	kN/m
	P2	-0.010	1.298	1.265			
	Pt	-0.009	2.672	2.610	0.053	0.674	
	Mt	-0.014	-0.099	-0.105			kN · m/m
	e	1.574	-0.037	-0.040			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	0.106	1.316	1.347	0.678	0.669	kN/m
	P2	1.309	1.309	1.265			
	Pt	1.415	2.626	2.611	0.678	0.669	
	Mt	1.564	-0.009	-0.107			kN · m/m
	e	1.105	-0.004	-0.041			편심(e)=Mt/PT

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	단 위
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
1 차선 재하시	P1	2.165	0.078	-0.001	-0.332	0.006	kN/m
	P2	1.100	-0.015	0.000			
	Pt	3.265	0.063	-0.001	-0.332	0.006	
	Mt	-1.384	-0.121	0.002			kN · m/m
	e	-0.424	-1.927	-1.579			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	2.136	0.595	-0.006	1.592	0.029	kN/m
	P2	1.725	-0.072	0.001			
	Pt	3.861	0.524	-0.006	1.592	0.029	
	Mt	-0.534	-0.867	0.009			kN · m/m
	e	-0.138	-1.655	-1.575			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	2.129	1.786	0.036	1.256	-0.145	kN/m
	P2	1.799	2.143	-0.003			
	Pt	3.928	3.929	0.032	1.256	-0.145	
	Mt	-0.428	0.465	-0.051			kN · m/m
	e	-0.109	0.118	-1.574			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	2.129	1.797	1.933	1.251	0.933	kN/m
	P2	1.800	2.083	0.074			
	Pt	3.929	3.880	2.007	1.251	0.933	
	Mt	-0.427	0.371	-2.417			kN · m/m
	e	-0.109	0.096	-1.204			편심(e)=Mt/PT

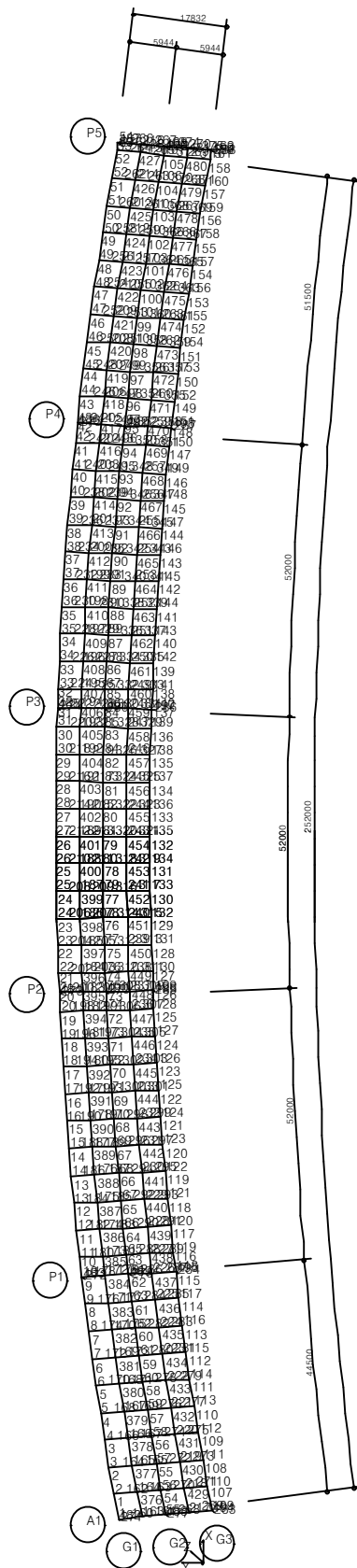
< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	단 위
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
1 차선 재하시	P1	0.006	1.836	0.011	1.116	-0.051	kN/m
	P2	-0.058	0.141	-0.001			
	Pt	-0.052	1.977	0.010	1.116	-0.051	
	Mt	-0.082	-2.203	-0.016			kN · m/m
	e	1.577	-1.114	-1.575			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.004	1.977	-0.046	1.065	1.065	kN/m
	P2	-0.047	1.976	0.004			
	Pt	-0.042	3.954	-0.042	1.065	1.065	
	Mt	-0.066	-0.001	0.066			kN · m/m
	e	1.578	0.000	-1.578			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.761	2.050	-0.047	0.769	1.071	kN/m
	P2	2.430	1.962	0.005			
	Pt	3.191	4.012	-0.043	0.769	1.071	
	Mt	2.171	-0.114	0.068			kN · m/m
	e	0.680	-0.028	-1.578			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	0.761	2.036	2.429	0.775	0.775	kN/m
	P2	2.429	2.035	0.761			
	Pt	3.190	4.071	3.190	0.775	0.775	
	Mt	2.169	-0.001	-2.169			kN · m/m
	e	0.680	0.000	-0.680			편심(e)=Mt/PT

< DL-24 G3 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	G - 3	ST - 1	ST - 2	단 위
거더폭		2.600	2.600	2.600			m
1 차선 재하시	P1	0.000	-0.018	1.387	0.007	-0.407	kN/m
	P2	-0.002	0.095	1.937			
	Pt	-0.001	0.077	3.324	0.007	-0.407	
	Mt	-0.002	0.148	0.715			kN · m/m
	e	1.581	1.926	0.215			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.001	-0.082	1.853	0.033	1.512	kN/m
	P2	-0.007	0.779	1.912			
	Pt	-0.007	0.697	3.765	0.033	1.512	
	Mt	-0.010	1.120	0.077			kN · m/m
	e	1.573	1.607	0.021			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	-0.001	2.190	1.919	-0.021	1.211	kN/m
	P2	0.014	1.783	1.906			
	Pt	0.012	3.973	3.824	-0.021	1.211	
	Mt	0.019	-0.530	-0.017			kN · m/m
	e	1.574	-0.133	-0.004			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	0.127	2.123	1.920	0.840	1.206	kN/m
	P2	2.083	1.796	1.906			
	Pt	2.209	3.919	3.825	0.840	1.206	
	Mt	2.543	-0.426	-0.018			kN · m/m
	e	1.151	-0.109	-0.005			편심(e)=Mt/PT

4.4 가. 모델링



나. 단면 제정수 (4.2 단면가정 참조)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
단면 - 1	합성전	141000.0	125075006026	133962214400	166081222535	
	합성후	311140.6	239583074194	554246141929	206469541919	
	절점번호	1, 53, 54, 55, 107, 108, 109, 161, 162				
단면 - 2	합성전	145800.0	151391905600	142149324800	189610578443	
	합성후	315940.6	287058052074	562433252329	233460754432	
	절점번호	2, 25, 26, 27, 28, 36, 37, 38, 39, 52, 56, 79, 80, 81, 82, 90, 91, 92, 93, 106, 110, 133, 134, 135, 136, 144, 145, 146, 147, 160				
단면 - 3	합성전	162600.0	176066011129	153125324800	207979966678	
	합성후	332740.6	349935543105	573409252329	261778542559	
	절점번호	3, 4, 5, 6, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 59, 60, 101, 102, 103, 104, 105, 111, 112, 113, 114, 155, 156, 157, 158, 159				
단면 - 4	합성전	171000.0	185015487789	153125324800	207979966678	
	합성후	341140.6	376353864347	573409252329	261778542559	
	절점번호	7, 46, 61, 100, 115, 154				
단면 - 5	합성전	187800.0	212252666400	164101324800	230168799944	
	합성후	357940.6	381909890229	584385252329	265422968834	
	절점번호	8, 13, 18, 24, 29, 35, 40, 45, 62, 67, 72, 78, 83, 89, 94, 99, 116, 121, 126, 132, 137, 143, 148, 153				
단면 - 6	합성전	213000.0	251278764237	186053324800	257937202965	
	합성후	383140.6	442719031995	606337252329	286285099091	
	절점번호	9, 44, 63, 98, 117, 152				
단면 - 7	합성전	256200.0	306543334426	224555430400	309531423865	
	합성후	426340.6	511241239855	644839357929	338382149630	
	절점번호	10, 21, 32, 43, 64, 75, 86, 97, 118, 129, 140, 151				
단면 - 8	합성전	229800.0	276448638793	197029324800	267735035156	
	합성후	399940.6	449333379129	617313252329	289126634930	
	절점번호	11, 20, 22, 31, 33, 42, 65, 74, 76, 85, 87, 96, 119, 128, 130, 139, 141, 150				
단면 - 9	합성전	204600.0	235242271974	175077324800	243297056991	
	합성후	374740.6	387076441747	595361252329	268430530930	
	절점번호	12, 19, 23, 30, 34, 41, 66, 73, 77, 84, 88, 95, 120, 127, 131, 138, 142, 149				
단면 - 10	합성전	157000.0	167914936401	149466658133	205074848738	
	합성후	327140.6	309956804611	569750585662	245938213109	
	절점번호	14, 15, 16, 17, 68, 69, 70, 71, 122, 123, 124, 125				

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)

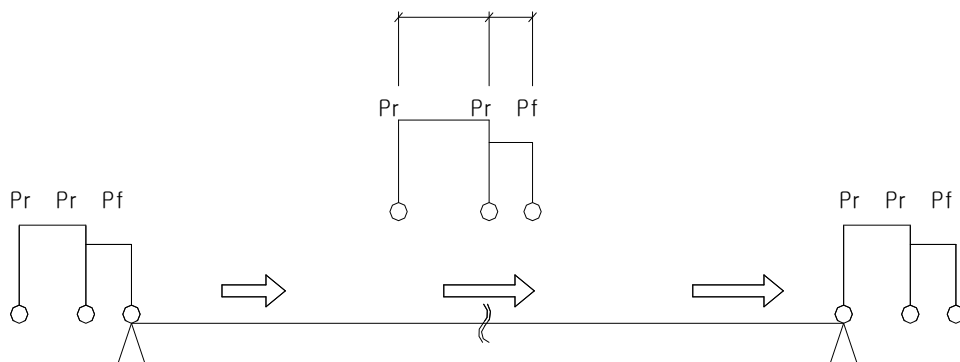
3) CASE 3 : 활하중

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

㉠ DB-24 하중

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

- 연행하중 : 4.200~9.000 4.200



㉡ DL-24 하중

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

4) CASE 4 : 지정침하

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

- 1 : A1 지정 침하
- 2 : P1 지정 침하
- 3 : P2 지정 침하
- 4 : P3 지정 침하
- 5 : P4 지정 침하
- 6 : P5 지정 침하
- 7 : A1, P2, P4 지정 침하
- 8 : P1, P3, P5 지정 침하

4.4 라. 부재력 집계

< BENDING MOMENT >

< Girder 1 >

부재	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	-3.886	-11.442	-2.399	12.697	-12.843	1.999	-2.738	-3.031	-33.308	A1
	2	1247.781	3146.221	1050.703	2407.612	-352.551	164.873	-164.873	8017.190	4927.281	
2	2	1247.532	3145.948	1050.984	2408.074	-352.637	164.785	-164.785	8017.323	4927.042	
	3	2209.562	5476.862	1792.166	3881.943	-716.589	351.138	-351.138	13711.671	8410.862	
3	3	2209.393	5476.749	1792.417	3882.873	-716.716	351.049	-351.049	13712.481	8410.794	
	4	2669.597	6564.471	2138.766	4601.929	-1082.591	536.891	-536.891	16511.654	9753.352	
4	4	2669.524	6564.457	2138.922	4602.553	-1082.747	536.797	-536.797	16512.253	9753.359	
	5	2620.272	6418.104	2099.555	4808.455	-1457.326	721.735	-721.735	16668.121	8958.870	
5	5	2620.285	6418.128	2099.590	4808.599	-1457.422	721.640	-721.640	16668.242	8958.941	
	6	2063.384	5041.504	1675.056	4569.845	-1845.807	905.216	-905.216	14255.005	6028.921	
6	6	2063.475	5041.558	1674.971	4569.361	-1845.834	905.122	-905.122	14254.487	6029.048	
	7	994.757	2427.554	867.997	3818.964	-2256.710	1086.211	-1086.211	9195.482	947.386	
7	7	994.924	2427.682	867.790	3817.976	-2256.617	1086.124	-1086.124	9194.497	947.656	
	8	-607.123	-1433.607	-326.070	2553.326	-2715.732	1262.452	-1262.452	1448.978	-6344.984	
8	8	-606.909	-1433.401	-326.360	2552.659	-2715.928	1262.382	-1262.382	1448.371	-6344.980	
	9	-2771.473	-6528.794	-1942.023	1425.832	-4259.980	1431.321	-1431.321	-8385.137	-16933.591	
9	9	-2771.293	-6528.630	-1942.304	1425.529	-4260.592	1431.272	-1431.272	-8385.426	-16934.091	
	10	-5525.870	-12797.672	-4063.563	1045.821	-7284.186	1588.593	-1588.593	-19752.691	-31259.884	P1
10	10	-5525.301	-12797.530	-4063.668	1045.314	-7284.042	1588.467	-1588.467	-19752.718	-31259.008	P1
	11	-3626.887	-8611.168	-2615.076	1034.435	-4954.338	1375.152	-1375.152	-12443.544	-21182.621	
11	11	-3627.034	-8611.296	-2614.839	1034.484	-4953.886	1375.188	-1375.188	-12443.497	-21182.243	
	12	-1432.664	-3600.823	-1006.659	1961.859	-2751.064	1058.160	-1058.160	-3020.127	-9849.370	
12	12	-1432.891	-3601.036	-1006.317	1962.581	-2750.329	1058.223	-1058.223	-3019.440	-9848.796	
	13	160.903	179.779	165.264	3108.151	-1869.668	764.952	-732.406	4379.051	-2096.127	
13	13	160.710	179.642	165.538	3109.082	-1869.893	765.034	-732.490	4380.006	-2096.493	
	14	1187.166	2710.959	947.192	3866.722	-1920.211	553.838	-401.307	9265.877	2523.799	
14	14	1187.050	2710.885	947.321	3867.384	-1920.317	553.929	-401.402	9266.570	2523.537	
	15	1706.442	4001.142	1347.557	4354.034	-1996.922	340.505	-265.649	11749.680	4792.570	
15	15	1706.406	4001.129	1347.588	4354.311	-1996.932	340.603	-265.653	11750.037	4792.538	
	16	1733.537	4057.984	1362.445	4451.545	-2093.412	345.686	-372.318	11951.197	4688.236	
16	16	1733.586	4058.031	1362.408	4451.123	-2093.320	345.590	-372.315	11950.738	4688.390	
	17	1268.475	2881.517	991.676	4055.449	-2209.912	599.583	-599.583	9796.700	2332.173	
17	17	1268.603	2881.625	991.542	4054.499	-2209.725	599.487	-599.487	9795.756	2332.559	
	18	297.060	465.566	238.923	3150.744	-2376.996	931.062	-931.062	5083.355	-2306.509	
18	18	297.264	465.730	238.644	3149.260	-2376.695	930.974	-930.974	5081.872	-2306.030	
	19	-1241.084	-3198.666	-905.492	2162.127	-3200.196	1257.589	-1257.589	-1925.526	-9803.027	
19	19	-1240.849	-3198.436	-905.838	2161.861	-3200.910	1257.519	-1257.519	-1925.743	-9803.552	
	20	-3377.996	-8087.174	-2486.675	1573.570	-5377.914	1576.157	-1576.157	-10802.118	-20905.916	
20	20	-3377.832	-8087.029	-2486.949	1573.480	-5378.420	1576.115	-1576.115	-10802.215	-20906.345	
	21	-5237.010	-12190.921	-3915.110	1591.311	-7704.928	1791.388	-1791.388	-17960.342	-30839.357	P2
21	21	-5236.803	-12194.487	-3916.026	1595.535	-7713.119	1782.513	-1782.513	-17969.268	-30842.948	P2
	22	-3365.637	-7988.787	-2457.815	1536.880	-5338.399	1559.977	-1559.977	-10715.382	-20710.615	
22	22	-3365.805	-7988.945	-2457.547	1536.965	-5337.846	1560.012	-1560.012	-10715.320	-20710.155	
	23	-1210.920	-2953.955	-833.420	2061.750	-3061.697	1229.689	-1229.689	-1706.856	-9289.681	
23	23	-1211.148	-2954.176	-833.085	2061.984	-3060.903	1229.751	-1229.751	-1706.674	-9289.063	
	24	344.905	855.692	354.023	3071.286	-2077.278	890.310	-890.310	5516.216	-1412.968	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
24	24	344.705	855.519	354.282	3072.287	-2077.511	890.393	-890.393	5517.185	-1413.399	
	25	1338.355	3415.956	1149.546	4003.262	-2048.840	574.418	-545.271	10481.537	3309.746	
25	25	1338.225	3415.859	1149.692	4004.316	-2049.042	574.509	-545.367	10482.601	3309.367	
	26	1850.621	4738.202	1563.104	4532.615	-2048.942	356.066	-364.129	13040.608	5738.856	
26	26	1850.580	4738.172	1563.158	4532.998	-2049.022	356.161	-364.132	13041.069	5738.756	
	27	1901.362	4828.181	1590.820	4572.866	-2068.905	339.569	-340.916	13232.798	5910.542	
27	27	1901.402	4828.200	1590.776	4572.624	-2068.898	339.472	-340.914	13232.474	5910.566	
	28	1490.378	3685.395	1232.507	4123.739	-2108.896	556.157	-497.321	11088.176	3802.063	
28	28	1490.501	3685.478	1232.365	4122.900	-2108.784	556.065	-497.226	11087.309	3802.334	
	29	598.709	1305.643	492.350	3175.866	-2177.415	842.721	-842.721	6415.289	-623.433	
29	29	598.907	1305.806	492.097	3174.649	-2177.244	842.639	-842.639	6414.098	-623.073	
	30	-855.621	-2324.066	-640.160	2273.140	-3115.141	1182.956	-1182.956	-363.750	-8117.943	
30	30	-855.395	-2323.876	-640.516	2272.859	-3115.919	1182.892	-1182.892	-364.036	-8118.598	
	31	-2908.416	-7177.651	-2209.668	1768.897	-5348.768	1514.655	-1514.655	-9012.183	-19159.158	
31	31	-2908.258	-7177.521	-2209.931	1768.756	-5349.237	1514.618	-1514.618	-9012.336	-19159.565	
	32	-4708.614	-11257.151	-3630.115	1851.170	-7700.629	1738.686	-1738.686	-16006.024	-29035.195	P3
32	32	-4709.108	-11257.136	-3630.143	1851.631	-7700.547	1738.823	-1738.823	-16005.933	-29035.757	P3
	33	-2996.500	-7399.294	-2277.658	1724.527	-5373.833	1541.650	-1541.650	-9407.275	-19588.935	
33	33	-2996.665	-7399.469	-2277.401	1724.518	-5373.280	1541.690	-1541.690	-9407.327	-19588.505	
	34	-1068.727	-2861.785	-804.600	2192.485	-3170.036	1248.459	-1248.459	-1294.168	-9153.607	
34	34	-1068.979	-2862.059	-804.245	2192.617	-3169.150	1248.529	-1248.529	-1294.137	-9152.962	
	35	259.408	449.429	231.016	3092.821	-2289.250	946.903	-946.903	4979.577	-2296.299	
35	35	259.197	449.215	231.276	3093.747	-2289.401	946.990	-946.990	4980.425	-2296.702	
	36	1025.370	2512.051	874.741	3977.548	-2280.041	640.018	-640.018	9029.728	1492.103	
36	36	1025.234	2511.902	874.868	3978.371	-2280.199	640.116	-640.116	9030.491	1491.690	
	37	1310.032	3336.089	1136.504	4404.685	-2313.994	362.328	-375.150	10549.638	3093.481	
37	37	1309.978	3336.011	1136.544	4404.981	-2314.056	362.416	-375.154	10549.930	3093.323	
	38	1133.075	2927.548	1012.781	4342.782	-2368.679	258.672	-263.400	9674.858	2441.325	
38	38	1133.106	2927.534	1012.739	4342.410	-2368.641	258.576	-263.406	9674.365	2441.332	
	39	494.540	1286.261	504.509	3884.613	-2445.288	448.273	-287.125	6618.196	-447.102	
39	39	494.660	1286.325	504.377	3883.808	-2445.127	448.185	-287.028	6617.355	-446.793	
	40	-626.707	-1597.907	-383.538	3164.951	-2553.573	636.023	-594.100	1192.822	-5755.825	
40	40	-626.503	-1597.750	-383.807	3163.979	-2553.230	635.946	-594.017	1191.866	-5755.307	
	41	-2310.459	-5733.708	-1658.866	2041.682	-3469.273	896.147	-896.147	-6765.204	-14068.453	
41	41	-2310.222	-5733.461	-1659.199	2040.932	-3469.944	896.087	-896.087	-6765.863	-14068.913	
	42	-4595.109	-11104.492	-3367.893	997.934	-5771.043	1189.754	-1189.754	-16879.806	-26028.291	
42	42	-4594.939	-11104.330	-3368.184	997.936	-5771.479	1189.719	-1189.719	-16879.798	-26028.651	
	43	-6556.896	-15548.127	-4885.355	963.624	-8205.708	1386.481	-1386.481	-24640.273	-36582.567	P4
43	43	-6563.218	-15557.605	-4887.342	970.424	-8211.553	1385.748	-1385.748	-24651.993	-36605.466	P4
	44	-3435.157	-8351.294	-2467.332	1327.758	-4846.702	1273.119	-1273.119	-11652.906	-20373.604	
44	44	-3435.388	-8351.486	-2467.100	1328.290	-4845.823	1273.148	-1273.148	-11652.536	-20372.945	
	45	-897.896	-2324.111	-550.920	2397.774	-2839.798	1148.830	-1148.830	-226.323	-7761.555	
45	45	-898.152	-2324.330	-550.678	2398.654	-2838.912	1148.883	-1148.883	-225.622	-7760.954	
	46	1076.681	2466.389	946.023	3828.808	-2262.209	1017.288	-1017.288	9335.189	1209.596	
46	46	1076.473	2466.261	946.189	3830.490	-2262.368	1017.361	-1017.361	9336.774	1209.194	
	47	2518.040	6008.359	2057.293	4942.647	-1919.764	881.283	-881.283	16407.622	7782.645	
47	47	2517.902	6008.275	2057.340	4943.801	-1919.807	881.364	-881.364	16408.682	7782.346	
	48	3447.257	8310.872	2783.234	5568.395	-1599.037	743.023	-743.023	20852.781	12199.303	
48	48	3447.200	8310.848	2783.219	5568.925	-1598.987	743.109	-743.109	20853.301	12199.171	
	49	3870.104	9385.792	3115.681	5725.248	-1291.247	603.461	-603.461	22700.286	14476.869	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
49	49	3870.114	9385.760	3115.623	5725.206	-1291.150	603.546	-603.546	22700.249	14476.801	
	50	3787.454	9238.462	3050.714	5407.115	-990.747	463.275	-463.275	21947.020	14622.608	
50	50	3787.537	9238.434	3050.619	5406.049	-990.605	463.358	-463.358	21945.997	14622.627	
	51	3197.590	7865.077	2590.933	4576.503	-693.383	322.685	-322.685	18552.788	12637.532	
51	51	3197.749	7865.062	2590.741	4574.908	-693.235	322.765	-322.765	18551.225	12637.551	
	52	2103.496	5249.242	1738.902	3219.140	-397.154	181.647	-181.647	12492.427	8512.839	
52	52	2103.746	5249.340	1738.626	3218.160	-397.007	181.723	-181.723	12491.595	8512.982	
	53	543.373	1382.721	477.311	981.651	-98.641	40.356	-40.356	3425.412	2264.408	
53	53	543.840	1383.509	477.218	981.709	-98.629	40.470	-40.470	3426.746	2265.467	
	54	-6.756	-19.888	-3.846	15.735	-20.655	1.603	-1.603	-13.152	-52.748	P5

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
54	55	1.159	3.986	0.673	6.652	-6.760	0.865	-0.532	13.335	-1.474	A1
	56	1290.906	3183.998	960.499	2176.027	-331.496	171.261	-171.261	7782.691	4932.646	
55	56	1290.532	3183.460	959.905	2177.478	-331.710	170.991	-170.991	7782.366	4931.197	
	57	2224.928	5435.326	1788.663	3445.241	-705.121	357.982	-357.982	13252.140	8385.815	
56	57	2224.684	5435.038	1788.189	3445.141	-705.386	357.729	-357.729	13250.781	8384.796	
	58	2665.624	6479.157	2214.459	4128.650	-1077.927	544.955	-544.955	16032.845	9736.358	
57	58	2665.502	6479.024	2214.204	4128.583	-1078.211	544.713	-544.713	16032.026	9735.806	
	59	2612.903	6329.055	2195.797	4410.517	-1450.529	732.606	-732.606	16280.878	8954.620	
58	59	2612.901	6329.026	2195.823	4410.497	-1450.305	732.383	-732.383	16280.630	8955.062	
	60	2063.303	4978.182	1731.564	4230.013	-1839.956	920.603	-920.603	13923.665	6012.490	
59	60	2063.408	4978.257	1731.864	4230.030	-1839.804	920.404	-920.404	13923.963	6013.321	
	61	1013.004	2426.741	832.739	3586.190	-2233.787	1108.986	-1108.986	8967.660	929.711	
60	61	1013.168	2426.811	833.201	3586.248	-2233.815	1108.815	-1108.815	8968.243	930.550	
	62	-567.108	-1340.462	-458.605	2473.899	-2647.898	1296.837	-1296.837	1404.561	-6310.910	
61	62	-566.933	-1340.374	-458.132	2473.990	-2647.910	1296.716	-1296.716	1405.267	-6310.065	
	63	-2759.115	-6402.915	-2018.094	1404.050	-3786.974	1484.977	-1484.977	-8291.097	-16452.075	
62	63	-2759.010	-6402.897	-2017.758	1403.950	-3786.593	1484.918	-1484.918	-8290.797	-16451.176	
	64	-5729.614	-12975.149	-3617.941	1012.547	-6507.129	1671.737	-1671.737	-19638.420	-30501.570	P1
63	64	-5730.125	-12975.242	-3617.809	1012.542	-6508.959	1671.971	-1671.971	-19638.663	-30504.106	P1
	65	-3643.117	-8514.904	-2630.090	1003.924	-4306.188	1433.632	-1433.632	-12350.555	-20527.931	
64	65	-3643.178	-8514.822	-2630.332	1004.028	-4306.587	1433.705	-1433.705	-12350.599	-20528.624	
	66	-1390.204	-3480.601	-1152.107	1823.695	-2457.837	1092.262	-1092.262	-3106.955	-9573.011	
65	66	-1390.321	-3480.497	-1152.584	1824.809	-2458.108	1092.395	-1092.395	-3106.198	-9573.905	
	67	187.433	210.637	97.575	2823.431	-1851.050	784.243	-751.560	4103.319	-2106.965	
66	67	187.282	210.634	97.133	2823.337	-1850.922	784.393	-751.738	4102.779	-2107.611	
	68	1193.966	2673.110	976.347	3522.200	-1902.452	564.666	-410.428	8930.289	2530.543	
67	68	1193.853	2673.083	975.980	3522.071	-1902.335	564.844	-410.633	8929.831	2529.948	
	69	1704.622	3933.898	1427.018	4030.936	-1989.919	345.828	-269.539	11442.302	4806.080	
68	69	1704.583	3933.887	1426.869	4030.889	-1989.805	346.021	-269.555	11442.249	4805.979	
	70	1731.536	3990.444	1441.347	4135.692	-2087.104	351.139	-377.340	11650.158	4698.883	
69	70	1731.589	3990.482	1441.442	4135.713	-2086.991	350.947	-377.325	11650.173	4699.197	
	71	1274.705	2842.656	1019.824	3784.546	-2190.712	610.676	-610.676	9532.407	2335.797	
70	71	1274.831	2842.730	1020.184	3784.610	-2190.913	610.476	-610.476	9532.831	2336.356	
	72	322.137	493.481	172.127	2987.446	-2348.141	951.911	-951.911	4927.102	-2312.307	
71	72	322.293	493.502	172.603	2987.556	-2348.179	951.739	-951.739	4927.693	-2311.520	
	73	-1202.863	-3087.874	-1044.266	2063.885	-2967.219	1292.425	-1292.425	-1978.693	-9594.647	

부재 번 호	절점 번 호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
		Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
72	73	-1202.727	-3087.906	-1043.819	2063.948	-2966.907	1292.299	-1292.299	-1978.205	-9593.658	
	74	-3403.272	-8010.252	-2486.569	1543.156	-4750.060	1633.397	-1633.397	-10723.540	-20283.550	
73	74	-3403.223	-8010.372	-2486.277	1543.060	-4749.627	1633.334	-1633.334	-10723.478	-20282.833	
	75	-5453.715	-12396.761	-3463.415	1529.898	-6915.745	1871.354	-1871.354	-17912.639	-30100.990	P2
74	75	-5453.894	-12396.556	-3463.614	1528.670	-6916.295	1872.454	-1872.454	-17912.940	-30102.813	P2
	76	-3390.225	-7906.922	-2456.088	1496.380	-4680.619	1623.534	-1623.534	-10633.321	-20057.388	
75	76	-3390.327	-7906.983	-2456.344	1496.428	-4681.118	1623.585	-1623.585	-10633.641	-20058.357	
	77	-1171.942	-2839.012	-970.240	1953.985	-2790.833	1267.506	-1267.506	-1759.703	-9039.533	
76	77	-1172.086	-2839.027	-970.718	1953.955	-2791.198	1267.624	-1267.624	-1760.252	-9040.653	
	78	370.800	888.261	290.237	2819.919	-2055.093	912.290	-912.290	5281.507	-1418.086	
77	78	370.622	888.158	289.761	2819.778	-2054.988	912.456	-912.456	5280.775	-1418.903	
	79	1344.988	3380.102	1180.437	3755.201	-2029.638	585.430	-556.344	10246.158	3319.545	
78	79	1344.838	3379.960	1180.084	3755.102	-2029.399	585.602	-556.541	10245.586	3318.942	
	80	1849.330	4673.507	1643.291	4250.993	-2043.918	361.562	-369.131	12778.683	5753.079	
79	80	1849.265	4673.425	1643.166	4250.963	-2044.016	361.750	-369.145	12778.569	5752.695	
	81	1899.655	4762.622	1670.995	4292.809	-2063.647	344.954	-345.638	12971.035	5923.987	
80	81	1899.693	4762.647	1671.150	4292.851	-2063.753	344.762	-345.625	12971.103	5924.112	
	82	1496.085	3647.791	1263.759	3880.728	-2090.276	566.980	-507.590	10855.343	3809.769	
81	82	1496.212	3647.884	1264.139	3880.843	-2090.388	566.805	-507.392	10855.883	3810.455	
	83	623.409	1335.837	429.486	3028.251	-2155.616	863.393	-863.393	6280.376	-630.278	
82	83	623.570	1335.903	429.995	3028.406	-2155.739	863.224	-863.224	6281.098	-629.496	
	84	-818.133	-2212.252	-775.188	2175.744	-2855.239	1218.496	-1218.496	-411.334	-7879.309	
83	84	-817.995	-2212.254	-774.726	2175.784	-2854.951	1218.375	-1218.375	-410.816	-7878.301	
	85	-2934.685	-7100.099	-2204.912	1746.628	-4703.573	1574.170	-1574.170	-8918.898	-18517.439	
84	85	-2934.606	-7100.118	-2204.630	1746.484	-4703.147	1574.113	-1574.113	-8918.757	-18516.614	
	86	-4926.832	-11463.109	-3173.018	1787.398	-6906.344	1822.646	-1822.646	-15952.915	-28291.949	P3
85	86	-4926.264	-11462.962	-3172.892	1787.497	-6904.655	1822.400	-1822.400	-15952.221	-28289.173	P3
	87	-3022.776	-7323.088	-2273.142	1695.901	-4724.724	1601.410	-1601.410	-9321.695	-18945.140	
86	87	-3022.840	-7323.041	-2273.393	1695.844	-4725.112	1601.465	-1601.465	-9321.965	-18945.851	
	88	-1031.829	-2751.878	-940.798	2087.112	-2911.190	1284.806	-1284.806	-1352.587	-8920.501	
87	88	-1031.960	-2751.881	-941.237	2087.057	-2911.487	1284.926	-1284.926	-1353.095	-8921.491	
	89	283.715	478.376	165.919	2896.734	-2262.826	968.922	-968.922	4793.666	-2303.738	
88	89	283.563	478.346	165.457	2896.602	-2262.751	969.094	-969.094	4793.062	-2304.479	
	90	1031.734	2475.891	902.798	3722.610	-2259.706	652.002	-652.002	8785.035	1498.715	
89	90	1031.608	2475.778	902.449	3722.524	-2259.566	652.201	-652.201	8784.560	1498.068	
	91	1309.617	3273.719	1212.156	4109.752	-2311.177	368.032	-380.271	10273.276	3104.044	
90	91	1309.566	3273.644	1212.014	4109.746	-2311.155	368.223	-380.292	10273.193	3103.777	
	92	1133.626	2867.685	1086.326	4043.981	-2364.773	263.057	-266.707	9394.675	2456.157	
91	92	1133.651	2867.646	1086.461	4044.042	-2364.762	262.864	-266.738	9394.664	2456.258	
	93	503.760	1257.792	524.644	3562.597	-2427.603	457.697	-294.635	6306.490	-436.042	
92	93	503.843	1257.758	524.975	3562.757	-2427.869	457.519	-294.420	6306.853	-435.713	
	94	-598.299	-1556.423	-466.930	2899.239	-2534.339	653.114	-610.799	930.700	-5766.790	
93	94	-598.222	-1556.598	-466.455	2899.362	-2534.515	652.956	-610.604	931.043	-5766.394	
	95	-2266.823	-5600.842	-1829.211	1905.862	-3191.160	926.572	-926.572	-6864.442	-13814.608	
94	95	-2266.785	-5601.082	-1828.807	1904.796	-3190.962	926.419	-926.419	-6865.459	-13814.055	
	96	-4610.116	-10987.172	-3413.775	956.845	-5086.668	1243.494	-1243.494	-16810.724	-25341.225	
95	96	-4610.169	-10987.477	-3413.640	956.941	-5086.277	1243.391	-1243.391	-16810.954	-25340.954	
	97	-6757.159	-15686.756	-4466.587	914.438	-7298.958	1466.889	-1466.889	-24529.175	-35676.349	P4
96	97	-6754.587	-15683.125	-4465.984	912.272	-7291.769	1466.971	-1466.971	-24524.453	-35662.436	P4
	98	-3418.777	-8201.015	-2567.408	1299.224	-4250.947	1322.913	-1322.913	-11565.063	-19761.060	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
97	98	-3418.959	-8201.145	-2567.870	1299.382	-4251.376	1322.954	-1322.954	-11565.638	-19762.304	
	99	-855.817	-2216.781	-697.870	2262.820	-2666.179	1180.140	-1180.140	-327.508	-7616.787	
98	99	-856.069	-2216.912	-698.543	2262.720	-2666.158	1180.241	-1180.241	-328.563	-7617.923	
	100	1095.830	2473.330	907.602	3648.838	-2243.263	1038.187	-1038.187	9163.787	1195.312	
99	100	1095.543	2473.040	906.945	3648.759	-2243.229	1038.322	-1038.322	9162.609	1193.977	
	101	2516.398	5944.579	2122.104	4666.920	-1920.353	895.694	-895.694	16145.695	7767.034	
100	101	2516.189	5944.375	2121.584	4666.907	-1920.364	895.858	-895.858	16144.913	7765.926	
	102	3435.396	8213.536	2907.254	5247.416	-1599.922	753.374	-753.374	20556.976	12202.890	
101	102	3435.304	8213.445	2907.022	5247.450	-1600.002	753.554	-753.554	20556.775	12202.215	
	103	3854.108	9274.340	3257.880	5367.626	-1296.292	611.024	-611.024	22364.978	14479.012	
102	103	3854.168	9274.446	3257.974	5367.687	-1296.263	611.219	-611.219	22365.494	14479.106	
	104	3772.559	9126.977	3173.347	5013.119	-995.043	468.775	-468.775	21554.777	14609.065	
103	104	3772.778	9127.274	3173.708	5013.256	-995.025	468.978	-468.978	21555.994	14609.756	
	105	3194.672	7779.305	2650.493	4184.221	-694.395	326.853	-326.853	18135.544	12603.222	
104	105	3195.036	7779.783	2651.146	4184.435	-694.401	327.064	-327.064	18137.464	12604.500	
	106	2128.381	5232.562	1702.381	2861.134	-395.666	185.312	-185.312	12109.770	8482.346	
105	106	2128.879	5233.273	1703.198	2861.428	-395.722	185.526	-185.526	12112.304	8484.101	
	107	591.896	1455.439	400.210	991.378	-98.296	44.072	-44.072	3482.995	2305.178	
106	107	592.774	1457.206	400.997	990.526	-98.516	44.339	-44.339	3485.842	2308.122	
	108	3.128	10.161	1.739	13.556	-12.559	0.607	-0.607	29.191	1.862	P5

< Girder 3 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
107	109	-0.062	-0.001	-0.598	1.154	-1.284	0.091	-0.091	0.585	-2.035	A1
	110	1217.290	2967.680	1208.595	2290.330	-335.976	162.742	-162.742	7846.637	4894.847	
108	110	1217.375	2968.131	1207.703	2289.894	-335.889	162.640	-162.640	7845.743	4894.680	
	111	2169.947	5242.114	2020.797	3714.722	-699.743	346.046	-346.046	13493.626	8387.069	
109	111	2170.073	5242.638	2019.987	3713.914	-699.655	345.946	-345.946	13492.558	8387.098	
	112	2629.727	6324.305	2389.049	4417.031	-1064.581	529.385	-529.385	16289.497	9749.115	
110	112	2629.764	6324.495	2388.658	4416.533	-1064.497	529.279	-529.279	16288.729	9749.141	
	113	2584.055	6192.930	2345.494	4580.195	-1448.174	712.870	-712.870	16415.544	8961.435	
111	113	2584.049	6192.907	2345.469	4580.054	-1448.089	712.762	-712.762	16415.241	8961.574	
	114	2035.341	4853.787	1891.812	4356.940	-1833.628	897.402	-897.402	14035.282	6049.910	
112	114	2035.290	4853.544	1892.179	4357.311	-1833.583	897.296	-897.296	14035.620	6050.134	
	115	981.177	2315.605	1014.472	3643.524	-2239.592	1084.674	-1084.674	9039.452	986.988	
113	115	981.079	2315.173	1015.133	3644.306	-2239.610	1084.579	-1084.579	9040.270	987.196	
	116	-599.236	-1407.635	-326.341	2435.484	-2682.049	1276.867	-1276.867	1379.140	-6292.127	
114	116	-599.387	-1408.217	-325.554	2436.028	-2681.781	1276.790	-1276.790	1379.660	-6291.729	
	117	-2733.792	-6257.855	-2218.890	1361.221	-4052.634	1477.479	-1477.479	-8371.837	-16740.650	
115	117	-2733.953	-6258.426	-2218.242	1361.477	-4052.087	1477.427	-1477.427	-8371.717	-16740.135	
	118	-5451.288	-12111.540	-4819.080	1021.782	-6942.826	1691.215	-1691.215	-19668.911	-31015.949	P1
116	118	-5451.325	-12111.687	-4818.878	1021.802	-6942.766	1691.206	-1691.206	-19668.882	-31015.862	P1
	119	-3580.109	-8245.546	-3003.657	987.904	-4712.887	1435.196	-1435.196	-12406.212	-20977.395	
117	119	-3579.998	-8245.124	-3004.283	987.841	-4713.374	1435.230	-1435.230	-12406.334	-20978.009	
	120	-1417.297	-3515.878	-1070.848	1878.286	-2606.437	1083.408	-1083.408	-3042.329	-9693.868	
118	120	-1417.125	-3515.236	-1071.733	1877.645	-2607.106	1083.469	-1083.469	-3042.980	-9694.669	
	121	155.390	112.114	274.269	2992.230	-1858.751	772.468	-741.071	4306.471	-2058.049	
119	121	155.510	112.611	273.498	2991.498	-1858.774	772.546	-741.153	4305.662	-2058.309	
	122	1169.057	2565.183	1138.754	3731.503	-1897.876	553.842	-403.929	9158.339	2571.189	

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	
120	122	1169.127	2565.502	1138.230	3730.893	-1897.765	553.933	-404.024	9157.685	2571.070	
	123	1682.086	3821.314	1571.383	4172.112	-1948.455	338.005	-263.104	11584.900	4863.224	
121	123	1682.101	3821.403	1571.211	4171.895	-1948.437	338.103	-263.107	11584.713	4863.171	
	124	1708.750	3877.385	1585.146	4263.892	-2052.106	342.946	-367.911	11778.119	4751.264	
122	124	1708.730	3877.280	1585.336	4264.265	-2052.183	342.848	-367.909	11778.459	4751.254	
	125	1249.260	2733.912	1179.883	3884.328	-2187.525	598.170	-598.170	9645.553	2377.360	
123	125	1249.200	2733.618	1180.408	3885.178	-2187.664	598.073	-598.073	9646.477	2377.489	
	126	288.977	393.169	341.816	3028.262	-2366.340	935.098	-935.098	4987.322	-2277.476	
124	126	288.849	392.636	342.641	3029.106	-2366.493	935.011	-935.011	4988.242	-2277.379	
	127	-1230.232	-3122.764	-978.254	2057.998	-3063.997	1276.879	-1276.879	-1996.373	-9672.126	
125	127	-1230.407	-3123.418	-977.356	2058.214	-3063.209	1276.810	-1276.810	-1996.157	-9671.200	
	128	-3339.809	-7742.049	-2885.161	1518.005	-5129.925	1627.594	-1627.594	-10821.420	-20724.538	
126	128	-3339.919	-7742.483	-2884.527	1517.959	-5129.467	1627.554	-1627.554	-10821.416	-20723.950	
	129	-5176.317	-11543.452	-4677.693	1549.514	-7362.112	1882.104	-1882.104	-17965.844	-30641.678	P2
127	129	-5173.104	-11535.249	-4675.257	1547.013	-7359.383	1888.574	-1888.574	-17948.023	-30631.567	P2
	130	-3324.568	-7632.517	-2854.214	1467.908	-5083.074	1622.249	-1622.249	-10721.142	-20516.622	
128	130	-3324.454	-7632.074	-2854.885	1467.913	-5083.592	1622.284	-1622.284	-10721.216	-20517.289	
	131	-1197.530	-2867.807	-907.883	1959.021	-2904.559	1255.443	-1255.443	-1758.756	-9133.222	
129	131	-1197.355	-2867.150	-908.801	1958.824	-2905.293	1255.506	-1255.506	-1758.976	-9134.105	
	132	339.727	795.000	450.921	2960.190	-2070.355	898.376	-898.376	5444.214	-1383.083	
130	132	339.840	795.486	450.125	2959.359	-2070.098	898.458	-898.458	5443.268	-1383.105	
	133	1322.067	3279.345	1328.425	3839.524	-2028.641	574.284	-546.514	10343.645	3354.682	
131	133	1322.121	3279.619	1327.908	3838.637	-2028.490	574.373	-546.609	10342.658	3354.549	
	134	1828.117	4565.568	1774.497	4344.554	-2007.374	353.454	-360.198	12866.190	5800.610	
132	134	1828.134	4565.666	1774.308	4344.158	-2007.294	353.552	-360.201	12865.818	5800.613	
	135	1878.310	4654.448	1801.400	4381.612	-2029.161	337.203	-337.268	13052.973	5967.729	
133	135	1878.292	4654.358	1801.578	4381.839	-2029.205	337.106	-337.265	13053.173	5967.758	
	136	1472.619	3545.907	1409.149	3950.726	-2090.195	556.159	-498.545	10934.560	3838.935	
134	136	1472.557	3545.611	1409.693	3951.491	-2090.310	556.068	-498.449	10935.420	3839.102	
	137	591.140	1240.109	585.814	3040.190	-2174.101	849.944	-849.944	6307.197	-606.982	
135	137	591.023	1239.619	586.613	3041.289	-2174.272	849.861	-849.861	6308.405	-606.878	
	138	-845.484	-2244.923	-718.730	2159.537	-2960.940	1206.283	-1206.283	-443.317	-7976.360	
136	138	-845.666	-2245.586	-717.850	2159.752	-2960.292	1206.221	-1206.221	-443.129	-7975.615	
	139	-2871.573	-6831.613	-2609.745	1716.501	-5101.789	1571.793	-1571.793	-9024.637	-18986.513	
137	139	-2871.690	-6832.064	-2609.072	1716.499	-5101.343	1571.756	-1571.756	-9024.571	-18985.925	
	140	-4649.555	-10610.552	-4391.187	1801.953	-7359.591	1836.921	-1836.921	-16012.420	-28847.806	P3
138	140	-4649.560	-10610.568	-4391.167	1801.973	-7359.633	1836.921	-1836.921	-16012.401	-28847.849	P3
	141	-2960.172	-7055.576	-2676.021	1664.902	-5124.763	1598.556	-1598.556	-9428.311	-19415.088	
139	141	-2960.073	-7055.176	-2676.644	1664.903	-5125.284	1598.593	-1598.593	-9428.397	-19415.770	
	142	-1059.844	-2786.373	-879.971	2083.142	-3011.423	1271.098	-1271.098	-1371.948	-9008.709	
140	142	-1059.692	-2785.792	-880.823	2083.050	-3012.145	1271.165	-1271.165	-1372.092	-9009.617	
	143	251.569	382.776	329.398	2979.953	-2281.640	952.749	-952.749	4896.444	-2270.646	
141	143	251.696	383.305	328.548	2979.129	-2281.511	952.837	-952.837	4895.514	-2270.800	
	144	1008.595	2374.695	1057.246	3814.555	-2254.126	639.429	-639.429	8894.520	1546.981	
142	144	1008.644	2374.952	1056.724	3813.821	-2254.008	639.527	-639.527	8893.668	1546.785	
	145	1289.558	3168.762	1353.792	4223.363	-2262.323	360.301	-371.066	10395.776	3178.723	
143	145	1289.565	3168.829	1353.604	4223.151	-2262.282	360.396	-371.072	10395.545	3178.644	
	146	1114.278	2764.570	1230.685	4164.100	-2324.510	257.244	-259.965	9530.877	2525.058	
144	146	1114.254	2764.457	1230.875	4164.473	-2324.606	257.146	-259.972	9531.205	2525.008	
	147	482.829	1162.512	687.812	3751.061	-2417.991	449.686	-290.962	6533.900	-375.801	

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	
145	147	482.770	1162.237	688.300	3751.723	-2418.158	449.599	-290.866	6534.629	-375.717	
	148	-625.451	-1638.313	-287.380	3046.464	-2538.928	644.714	-603.917	1140.034	-5693.989	
146	148	-625.586	-1638.854	-286.548	3047.293	-2539.216	644.637	-603.834	1140.942	-5694.039	
	149	-2288.193	-5614.081	-1746.498	1953.175	-3309.913	921.798	-921.798	-6773.799	-13880.483	
147	149	-2288.346	-5614.634	-1745.713	1953.744	-3309.130	921.740	-921.740	-6773.209	-13879.563	
	150	-4540.799	-10686.864	-3801.744	948.937	-5484.810	1247.920	-1247.920	-16832.550	-25762.137	
148	150	-4540.906	-10687.243	-3801.171	948.872	-5484.358	1247.882	-1247.882	-16832.566	-25761.560	
	151	-6478.274	-14796.611	-5713.690	939.499	-7817.768	1483.990	-1483.990	-24565.086	-36290.333	P4
149	151	-6478.242	-14796.418	-5713.959	939.390	-7817.983	1483.990	-1483.990	-24565.239	-36290.592	P4
	152	-3386.031	-8023.723	-2782.579	1266.568	-4599.300	1318.274	-1318.274	-11607.491	-20109.907	
150	152	-3385.894	-8023.145	-2783.314	1266.170	-4600.049	1318.307	-1318.307	-11607.876	-20110.709	
	153	-881.766	-2260.962	-572.179	2307.157	-2759.325	1162.979	-1162.979	-244.771	-7637.211	
151	153	-881.601	-2260.245	-573.156	2306.396	-2760.330	1163.039	-1163.039	-245.567	-7638.371	
	154	1066.069	2371.964	1078.758	3667.574	-2250.361	1015.335	-1015.335	9199.700	1251.095	
152	154	1066.182	2372.541	1077.868	3666.107	-2250.296	1015.415	-1015.415	9198.113	1250.880	
	155	2487.576	5820.990	2262.613	4726.110	-1913.612	872.383	-872.383	16169.672	7785.184	
153	155	2487.621	5821.302	2262.066	4725.126	-1913.604	872.470	-872.470	16168.585	7784.915	
	156	3404.885	8074.778	3020.126	5318.330	-1585.337	732.150	-732.150	20550.269	12182.302	
154	156	3404.924	8074.982	3019.888	5317.878	-1585.374	732.245	-732.245	20549.917	12182.175	
	157	3821.546	9125.796	3364.599	5462.069	-1280.824	593.226	-593.226	22367.236	14437.891	
155	157	3821.550	9125.777	3364.733	5462.298	-1280.954	593.321	-593.321	22367.679	14437.785	
	158	3736.342	8968.094	3300.492	5150.861	-969.449	454.857	-454.857	21610.646	14580.622	
156	158	3736.314	8967.864	3300.997	5151.741	-969.527	454.951	-454.951	21611.867	14580.697	
	159	3146.781	7596.227	2827.656	4349.424	-675.981	316.555	-316.555	18236.643	12578.128	
157	159	3146.698	7595.733	2828.567	4350.746	-676.024	316.644	-316.644	18238.388	12578.330	
	160	2058.939	5014.583	1929.815	3074.974	-381.544	177.988	-177.988	12256.299	8443.805	
158	160	2058.784	5013.828	1931.016	3075.773	-381.460	178.071	-178.071	12257.472	8444.097	
	161	524.540	1282.604	551.270	927.282	-93.137	39.948	-39.948	3325.643	2225.329	
159	161	524.756	1282.880	552.243	927.382	-93.189	40.067	-40.067	3327.328	2226.623	
	162	-0.376	-0.829	-0.434	0.462	-0.830	0.115	-0.115	-1.062	-2.583	P5

< SHEAR FORCE >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-313.677	-802.084	-266.883	82.214	-684.093	37.171	-37.171	-1263.259	-2103.907	A1
	2	-243.552	-604.662	-202.277	142.934	-536.462	37.171	-37.171	-870.386	-1624.124	
2	2	-234.019	-577.025	-184.498	129.775	-542.950	37.365	-37.365	-828.402	-1575.857	
	3	-150.246	-357.700	-112.725	244.222	-409.626	37.365	-37.365	-339.084	-1067.662	
3	3	-136.441	-327.756	-105.331	186.206	-446.555	37.262	-37.262	-346.060	-1053.345	
	4	-48.103	-108.428	-33.557	326.153	-326.998	37.262	-37.262	173.327	-554.348	
4	4	-34.295	-80.322	-27.995	251.832	-382.251	37.080	-37.080	146.300	-561.942	
	5	54.045	139.010	43.781	381.407	-266.785	37.080	-37.080	655.322	-67.030	
5	5	67.472	166.305	49.218	313.275	-338.679	36.803	-36.803	633.073	-92.486	
	6	155.821	385.661	121.002	429.026	-217.364	36.803	-36.803	1128.313	408.316	
6	6	169.353	414.455	125.915	391.143	-292.022	36.309	-36.309	1137.175	381.392	
	7	259.972	633.782	197.689	493.613	-173.553	36.309	-36.309	1621.366	881.581	

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	
7	7	273.277	664.615	203.510	493.873	-237.153	35.358	-35.358	1670.633	868.891	
	8	370.733	883.924	275.278	595.033	-122.082	35.358	-35.358	2160.325	1372.495	
8	8	380.672	911.899	288.033	615.484	-168.809	33.870	-33.870	2229.959	1377.925	
	9	489.553	1131.243	359.813	724.459	-71.555	33.870	-33.870	2738.938	1875.183	
9	9	490.508	1147.250	389.415	762.555	-129.879	31.542	-31.542	2821.271	1865.752	
	10	617.967	1366.586	461.192	885.263	-96.809	31.542	-31.542	3362.551	2317.395	P1
10	10	-590.689	-1275.599	-439.949	152.976	-914.008	61.085	-61.085	-2092.175	-3281.330	P1
	11	-498.253	-1122.031	-389.695	176.657	-826.182	61.085	-61.085	-1772.236	-2897.245	
11	11	-500.133	-1114.313	-358.343	119.919	-785.549	63.567	-63.567	-1789.303	-2821.906	
	12	-382.137	-894.992	-286.571	170.853	-672.379	63.567	-63.567	-1329.280	-2299.647	
12	12	-373.618	-867.732	-270.794	144.920	-647.486	65.328	-65.328	-1301.896	-2224.957	
	13	-267.027	-648.404	-199.019	227.044	-543.900	65.328	-65.328	-822.078	-1723.678	
13	13	-254.026	-617.184	-192.606	180.584	-534.209	66.400	-66.400	-816.832	-1664.426	
	14	-160.360	-397.847	-120.829	286.307	-436.284	66.400	-66.400	-326.328	-1181.720	
14	14	-146.779	-368.344	-116.129	221.532	-444.880	66.849	-66.849	-342.872	-1142.980	
	15	-61.471	-148.985	-44.345	335.249	-350.859	66.849	-66.849	147.296	-672.509	
15	15	-48.082	-121.049	-38.861	278.065	-385.565	67.012	-67.012	137.086	-660.569	
	16	37.201	98.246	32.902	383.485	-281.561	67.012	-67.012	618.846	-180.224	
16	16	50.584	126.167	38.425	347.115	-337.037	66.869	-66.869	629.160	-188.730	
	17	135.895	345.536	110.213	441.046	-224.780	66.869	-66.869	1099.558	299.994	
17	17	149.372	374.792	115.024	432.721	-287.017	66.485	-66.485	1138.394	285.686	
	18	243.030	594.110	186.795	530.534	-182.722	66.485	-66.485	1620.954	774.727	
18	18	255.862	624.951	193.482	540.753	-227.041	65.479	-65.479	1680.526	781.774	
	19	362.468	844.307	265.265	644.407	-147.695	65.479	-65.479	2181.926	1258.866	
19	19	370.676	870.611	281.098	669.990	-175.184	63.892	-63.892	2256.266	1283.309	
	20	488.669	1089.926	352.867	783.210	-119.526	63.892	-63.892	2778.564	1748.044	
20	20	487.075	1098.540	383.887	824.159	-172.280	61.652	-61.652	2855.313	1735.571	
	21	579.501	1252.093	434.137	911.879	-146.918	61.652	-61.652	3239.262	2057.161	P2
21	21	-582.988	-1281.374	-442.786	155.494	-925.969	63.739	-63.739	-2087.915	-3296.857	P2
	22	-490.572	-1127.838	-392.542	180.659	-838.155	63.739	-63.739	-1766.554	-2912.847	
22	22	-492.209	-1119.210	-361.535	128.429	-796.934	66.232	-66.232	-1778.292	-2836.119	
	23	-374.210	-899.885	-289.761	182.890	-683.760	66.232	-66.232	-1314.734	-2313.849	
23	23	-366.029	-873.500	-273.889	155.164	-658.023	68.053	-68.053	-1290.201	-2239.495	
	24	-259.428	-654.154	-202.109	227.258	-554.230	68.053	-68.053	-820.379	-1737.974	
24	24	-246.441	-623.039	-195.340	189.902	-544.545	69.198	-69.198	-805.720	-1678.563	
	25	-155.821	-403.710	-123.565	286.624	-446.411	69.198	-69.198	-327.275	-1198.706	
25	25	-142.346	-374.807	-118.780	230.041	-455.758	69.628	-69.628	-336.264	-1161.319	
	26	-63.140	-155.491	-47.010	334.946	-361.251	69.628	-69.628	138.934	-696.519	
26	26	-49.791	-127.722	-41.437	286.461	-385.314	69.804	-69.804	137.315	-674.068	
	27	29.429	91.632	30.346	383.751	-291.752	69.804	-69.804	604.961	-210.150	
27	27	42.793	119.434	35.935	355.699	-336.411	69.659	-69.659	623.520	-207.907	
	28	122.012	338.787	107.717	450.082	-235.019	69.659	-69.659	1088.257	263.839	
28	28	135.414	367.541	112.501	440.564	-287.838	69.278	-69.278	1125.299	258.341	
	29	226.028	586.854	184.270	538.583	-194.096	69.278	-69.278	1605.013	733.778	
29	29	239.042	617.990	191.088	548.142	-231.666	68.223	-68.223	1664.485	748.231	
	30	345.652	837.357	262.875	651.840	-159.316	68.223	-68.223	2165.947	1218.345	
30	30	353.851	863.702	278.787	677.401	-187.443	66.530	-66.530	2240.272	1242.368	
	31	471.833	1082.996	350.551	790.628	-132.236	66.530	-66.530	2762.538	1706.614	
31	31	470.228	1091.589	381.602	831.599	-184.986	64.171	-64.171	2839.188	1694.262	
	32	562.654	1245.142	431.851	919.865	-159.059	64.171	-64.171	3223.684	2016.418	P3

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
32	32	-537.614	-1181.832	-412.536	168.970	-913.016	56.480	-56.480	-1906.532	-3101.478	P3
	33	-445.206	-1028.310	-362.297	194.662	-824.886	56.480	-56.480	-1584.671	-2717.178	
33	33	-446.664	-1019.397	-331.160	143.180	-783.565	58.787	-58.787	-1595.253	-2639.573	
	34	-328.650	-800.045	-259.378	196.840	-670.408	58.787	-58.787	-1132.447	-2117.269	
34	34	-320.388	-773.590	-243.449	168.704	-644.724	60.473	-60.473	-1108.249	-2042.623	
	35	-213.789	-554.246	-171.669	240.817	-541.081	60.473	-60.473	-638.415	-1541.258	
35	35	-200.826	-523.254	-164.899	203.173	-531.437	61.546	-61.546	-624.261	-1481.962	
	36	-110.202	-303.915	-93.121	287.130	-433.382	61.546	-61.546	-158.563	-1002.166	
36	36	-96.708	-274.914	-88.345	241.810	-444.225	61.915	-61.915	-156.242	-966.106	
	37	-17.493	-55.575	-16.568	334.258	-348.109	61.915	-61.915	306.537	-499.660	
37	37	-4.142	-27.782	-11.078	297.996	-386.661	62.085	-62.085	317.079	-491.748	
	38	75.075	191.565	60.703	388.332	-278.169	62.085	-62.085	777.760	-12.911	
38	38	88.441	219.447	66.024	367.228	-338.044	61.953	-61.953	803.093	-26.084	
	39	167.646	438.760	137.794	461.434	-220.700	61.953	-61.953	1267.587	461.548	
39	39	181.427	468.628	142.141	452.732	-289.494	61.568	-61.568	1306.495	441.133	
	40	272.047	687.958	213.916	550.641	-178.361	61.568	-61.568	1786.130	933.991	
40	40	285.054	719.490	219.729	562.020	-229.786	60.570	-60.570	1846.863	933.917	
	41	391.659	938.846	291.513	665.672	-141.914	60.570	-60.570	2348.260	1419.533	
41	41	400.245	967.193	306.695	694.679	-167.767	58.879	-58.879	2427.690	1447.487	
	42	518.251	1186.531	378.472	807.964	-115.508	58.879	-58.879	2950.097	1908.868	
42	42	516.606	1196.100	409.452	853.658	-177.240	56.360	-56.360	3032.176	1888.558	
	43	609.018	1349.628	459.693	941.944	-153.341	56.360	-56.360	3416.643	2208.639	P4
43	43	-692.838	-1554.479	-521.082	104.028	-953.045	22.581	-22.581	-2641.790	-3744.026	P4
	44	-565.377	-1335.139	-449.304	133.306	-831.456	22.581	-22.581	-2193.932	-3203.857	
44	44	-564.322	-1318.096	-420.063	70.949	-787.636	24.924	-24.924	-2206.608	-3115.041	
	45	-455.440	-1098.753	-348.284	162.604	-679.205	24.924	-24.924	-1714.949	-2606.606	
45	45	-445.496	-1070.324	-336.013	115.511	-656.022	26.389	-26.389	-1709.933	-2534.244	
	46	-348.043	-851.023	-264.248	226.277	-554.999	26.389	-26.389	-1210.648	-2044.702	
46	46	-334.699	-819.792	-258.644	161.916	-547.247	27.281	-27.281	-1223.937	-1987.662	
	47	-244.068	-600.436	-186.860	275.927	-450.471	27.281	-27.281	-728.157	-1509.116	
47	47	-230.511	-571.350	-181.434	200.344	-474.024	27.738	-27.738	-755.211	-1485.056	
	48	-142.175	-352.026	-109.661	316.930	-365.500	27.738	-27.738	-259.193	-997.100	
48	48	-128.959	-325.183	-102.544	236.679	-420.552	27.997	-27.997	-292.010	-1005.235	
	49	-40.612	-105.834	-30.763	353.853	-308.653	27.997	-27.997	204.641	-513.859	
49	49	-27.595	-80.130	-22.873	281.796	-379.755	28.125	-28.125	179.322	-538.478	
	50	60.743	139.198	48.902	393.079	-255.018	28.125	-28.125	670.045	-34.300	
50	50	74.093	165.641	56.262	331.753	-334.762	28.201	-28.201	655.951	-66.966	
	51	162.444	385.002	128.047	446.585	-203.364	28.201	-28.201	1150.280	443.928	
51	51	176.773	414.864	134.925	396.947	-273.451	28.297	-28.297	1151.806	424.814	
	52	260.541	634.176	206.694	519.593	-136.856	28.297	-28.297	1649.300	936.258	
52	52	273.645	665.496	216.975	507.562	-171.404	28.341	-28.341	1692.019	956.371	
	53	351.562	884.851	288.758	642.514	-77.952	28.341	-28.341	2196.026	1418.877	
53	53	356.656	905.458	310.889	685.602	-91.058	28.131	-28.131	2286.735	1453.813	
	54	379.627	971.229	332.412	731.765	-70.713	28.131	-28.131	2443.164	1584.424	P5

< 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	
54	55	-323.698	-810.099	-239.179	79.366	-673.018	38.262	-38.262	-1255.349	-2084.256	A1
	56	-253.997	-615.228	-191.028	172.185	-493.175	38.262	-38.262	-849.807	-1591.690	
55	56	-229.343	-562.444	-193.903	147.512	-508.597	37.714	-37.714	-800.464	-1532.001	
	57	-146.061	-345.913	-140.400	290.268	-366.460	37.714	-37.714	-304.393	-1036.549	
56	57	-132.840	-318.850	-112.724	186.563	-444.852	37.760	-37.760	-340.090	-1047.026	
	58	-45.019	-102.311	-59.219	349.169	-301.929	37.760	-37.760	180.380	-546.237	
57	58	-33.292	-77.998	-23.035	227.320	-397.176	37.902	-37.902	130.897	-569.403	
	59	54.513	138.501	30.461	383.207	-252.811	37.902	-37.902	644.584	-67.238	
58	59	66.948	164.209	66.892	283.892	-358.720	37.964	-37.964	619.906	-98.636	
	60	154.761	380.726	120.392	429.263	-206.788	37.964	-37.964	1123.106	411.128	
59	60	167.177	406.317	154.582	352.226	-324.312	38.033	-38.033	1118.335	365.730	
	61	257.268	622.859	208.087	483.382	-171.933	38.033	-38.033	1609.630	878.248	
60	61	271.055	651.600	233.807	437.629	-285.925	37.924	-37.924	1632.015	832.612	
	62	367.941	868.119	287.308	539.366	-138.158	37.924	-37.924	2100.658	1347.286	
61	62	389.204	912.901	287.908	548.155	-221.155	37.974	-37.974	2176.143	1330.885	
	63	497.427	1129.412	341.406	655.906	-80.307	37.974	-37.974	2662.125	1849.964	
62	63	537.672	1217.159	295.957	734.984	-120.898	37.676	-37.676	2823.448	1892.214	
	64	664.388	1433.709	349.465	876.282	-44.424	37.676	-37.676	3361.520	2365.462	P1
63	64	-648.201	-1361.173	-303.368	106.928	-927.270	68.686	-68.686	-2137.129	-3308.698	P1
	65	-556.351	-1209.632	-265.923	145.401	-825.033	68.686	-68.686	-1817.819	-2925.625	
64	65	-514.182	-1123.600	-324.889	116.698	-724.831	68.864	-68.864	-1777.109	-2756.366	
	66	-396.873	-907.065	-271.385	201.674	-609.322	68.864	-68.864	-1304.785	-2253.510	
65	66	-371.998	-852.833	-278.933	156.893	-583.989	68.754	-68.754	-1278.117	-2156.507	
	67	-266.051	-636.338	-225.438	274.333	-486.904	68.754	-68.754	-784.740	-1683.485	
66	67	-250.962	-604.878	-204.063	184.491	-493.983	68.831	-68.831	-806.581	-1622.717	
	68	-157.841	-388.324	-150.554	318.573	-397.340	68.831	-68.831	-309.315	-1162.890	
67	68	-145.414	-362.559	-117.722	214.902	-444.589	68.694	-68.694	-342.099	-1138.978	
	69	-60.621	-146.030	-64.219	351.626	-325.158	68.694	-68.694	149.450	-664.722	
68	69	-47.830	-119.664	-29.669	259.864	-392.771	68.702	-68.702	131.403	-658.636	
	70	36.957	96.848	23.829	389.700	-263.751	68.702	-68.702	616.036	-174.819	
69	70	49.774	123.294	58.303	320.627	-353.735	68.696	-68.696	620.694	-191.060	
	71	134.554	339.790	111.797	441.457	-217.746	68.696	-68.696	1096.294	299.698	
70	71	146.977	365.549	144.291	392.488	-320.085	68.863	-68.863	1118.169	267.869	
	72	240.089	582.082	197.795	491.176	-185.573	68.863	-68.863	1580.005	765.529	
71	72	255.385	614.067	218.680	482.042	-274.712	68.713	-68.713	1638.888	744.707	
	73	361.349	830.596	272.183	579.268	-157.062	68.713	-68.713	2112.109	1238.353	
72	73	386.303	884.510	264.233	604.207	-201.408	68.795	-68.795	2208.049	1264.844	
	74	503.611	1101.043	317.737	720.753	-116.042	68.795	-68.795	2711.939	1737.554	
73	74	545.701	1188.056	262.815	818.814	-144.368	68.580	-68.580	2883.966	1783.623	
	75	637.570	1339.627	300.267	921.235	-104.400	68.580	-68.580	3267.279	2104.484	P2
74	75	-641.418	-1369.489	-309.048	113.798	-935.520	71.728	-71.728	-2134.430	-3327.203	P2
	76	-549.558	-1217.931	-271.599	151.535	-833.223	71.728	-71.728	-1815.826	-2944.039	
75	76	-507.270	-1130.558	-326.524	124.572	-735.006	71.828	-71.828	-1767.951	-2771.185	
	77	-389.981	-914.059	-273.028	208.765	-620.203	71.828	-71.828	-1296.475	-2269.099	
76	77	-364.936	-860.054	-281.085	164.038	-595.224	71.671	-71.671	-1270.366	-2172.970	
	78	-258.977	-643.535	-227.585	273.585	-497.893	71.671	-71.671	-784.841	-1699.660	
77	78	-243.443	-610.838	-206.381	192.189	-503.454	71.819	-71.819	-796.654	-1635.934	
	79	-153.350	-394.292	-152.875	318.956	-407.956	71.819	-71.819	-309.741	-1180.292	
78	79	-141.122	-369.158	-120.175	222.302	-444.673	71.569	-71.569	-336.584	-1146.698	
	80	-62.377	-152.625	-66.671	351.453	-335.909	71.569	-71.569	141.351	-689.151	

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	
79	80	-49.529	-126.236	-32.360	268.645	-392.224	71.581	-71.581	132.101	-671.929	
	81	29.199	90.248	21.132	390.514	-274.305	71.581	-71.581	602.672	-205.308	
80	81	42.034	116.597	55.417	329.853	-352.700	71.576	-71.576	615.477	-210.228	
	82	120.777	333.123	108.919	442.899	-227.062	71.576	-71.576	1077.294	264.181	
81	82	132.883	358.052	141.590	401.608	-320.015	71.802	-71.802	1105.934	240.707	
	83	222.969	574.582	195.093	497.730	-196.119	71.802	-71.802	1562.176	724.723	
82	83	238.535	607.325	216.310	491.418	-274.633	71.651	-71.651	1625.240	715.886	
	84	344.505	823.865	269.815	588.708	-167.776	71.651	-71.651	2098.545	1198.758	
83	84	369.439	877.662	261.731	613.674	-212.939	71.767	-71.767	2194.273	1224.126	
	85	486.735	1094.173	315.229	729.062	-128.582	71.767	-71.767	2696.966	1695.788	
84	85	528.901	1181.288	260.288	827.332	-156.868	71.608	-71.608	2869.417	1742.002	
	86	620.772	1332.863	297.741	930.136	-117.779	71.608	-71.608	3253.119	2061.989	P3
85	86	-595.310	-1268.813	-278.015	129.579	-922.278	63.686	-63.686	-1948.874	-3128.102	P3
	87	-503.459	-1117.270	-240.570	165.562	-819.622	63.686	-63.686	-1632.052	-2744.607	
86	87	-461.361	-1030.239	-295.527	139.690	-721.682	63.868	-63.868	-1583.569	-2572.678	
	88	-344.057	-813.713	-242.025	222.785	-605.856	63.868	-63.868	-1113.142	-2069.520	
87	88	-319.112	-759.815	-250.068	176.986	-580.995	63.739	-63.739	-1088.269	-1973.729	
	89	-213.155	-543.300	-196.569	273.589	-483.721	63.739	-63.739	-615.696	-1500.485	
88	89	-197.820	-511.116	-175.451	204.735	-494.807	63.947	-63.947	-615.705	-1443.141	
	90	-107.723	-294.560	-121.942	318.373	-393.808	63.947	-63.947	-141.906	-981.980	
89	90	-95.445	-269.207	-89.219	233.506	-446.439	63.699	-63.699	-156.666	-964.010	
	91	-16.708	-52.695	-35.721	350.510	-321.659	63.699	-63.699	309.085	-490.483	
90	91	-3.883	-26.376	-1.398	280.539	-394.291	63.695	-63.695	312.576	-489.643	
	92	74.857	190.142	52.101	388.975	-259.837	63.695	-63.695	769.769	-6.431	
91	92	87.671	216.428	86.562	341.180	-354.342	63.673	-63.673	795.514	-27.354	
	93	166.415	432.957	140.065	443.731	-213.711	63.673	-63.673	1246.841	462.054	
92	93	179.174	459.419	173.337	412.376	-321.873	63.819	-63.819	1288.125	426.238	
	94	269.248	675.920	226.832	507.193	-182.363	63.819	-63.819	1743.012	925.818	
93	94	284.321	707.435	248.108	501.582	-276.472	63.729	-63.729	1805.174	899.663	
	95	390.283	923.961	301.610	598.701	-153.837	63.729	-63.729	2278.285	1398.289	
94	95	415.161	978.176	292.956	624.291	-199.316	63.957	-63.957	2374.541	1423.019	
	96	532.455	1194.684	346.453	739.228	-111.642	63.957	-63.957	2876.778	1897.994	
95	96	573.414	1278.010	284.613	840.287	-137.634	64.387	-64.387	3040.711	1934.015	
	97	665.295	1429.603	322.070	942.697	-98.644	64.387	-64.387	3424.053	2253.938	P4
96	97	-738.150	-1617.457	-409.707	39.556	-926.972	29.058	-29.058	-2696.701	-3721.344	P4
	98	-611.457	-1400.946	-356.209	120.979	-786.406	29.058	-29.058	-2218.576	-3184.076	
97	98	-572.260	-1315.370	-403.949	75.792	-710.609	28.807	-28.807	-2186.981	-3030.997	
	99	-464.039	-1098.863	-350.452	216.245	-607.635	28.807	-28.807	-1668.303	-2549.797	
98	99	-442.834	-1054.128	-350.655	131.185	-593.999	28.647	-28.647	-1687.785	-2470.263	
	100	-345.930	-837.569	-297.145	275.170	-499.026	28.647	-28.647	-1176.827	-2008.317	
99	100	-332.002	-808.461	-271.845	159.178	-518.638	28.768	-28.768	-1224.363	-1959.714	
	101	-241.919	-591.939	-218.344	307.248	-413.482	28.768	-28.768	-716.186	-1494.452	
100	101	-229.327	-565.989	-185.235	184.051	-473.324	28.742	-28.742	-767.758	-1482.617	
	102	-141.523	-349.494	-131.741	335.599	-339.447	28.742	-28.742	-258.418	-990.948	
101	102	-128.381	-322.246	-97.520	223.052	-424.415	28.749	-28.749	-296.346	-1001.311	
	103	-40.570	-105.734	-44.021	367.581	-281.380	28.749	-28.749	206.004	-500.455	
102	103	-27.452	-78.528	-9.685	266.658	-379.142	28.728	-28.728	179.722	-523.534	
	104	60.370	138.011	43.820	409.095	-229.519	28.728	-28.728	680.025	-16.046	
103	104	72.691	163.611	78.777	312.685	-346.291	28.666	-28.666	656.430	-59.878	
	105	160.508	380.139	132.279	453.703	-186.899	28.666	-28.666	1155.295	457.362	

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	
104	105	172.746	405.506	164.613	377.085	-311.569	28.591	-28.591	1148.541	402.705	
	106	256.025	622.029	218.114	499.277	-149.758	28.591	-28.591	1624.035	917.818	
105	106	271.075	653.738	236.066	467.344	-222.285	28.532	-28.532	1656.754	910.062	
	107	348.518	870.256	289.565	598.586	-85.351	28.532	-28.532	2135.457	1394.456	
106	107	384.964	940.289	260.374	685.257	-91.330	29.399	-29.399	2300.283	1464.899	
	108	407.812	1005.254	276.426	743.784	-67.515	29.399	-29.399	2462.675	1592.579	P5

< Girder 3 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
107	109	-308.933	-766.303	-311.133	78.502	-660.732	36.715	-36.715	-1271.151	-2083.817	A1
	110	-239.657	-572.002	-234.164	139.124	-516.482	36.715	-36.715	-869.983	-1599.020	
108	110	-233.935	-569.394	-207.758	124.985	-529.588	37.217	-37.217	-848.885	-1577.893	
	111	-151.160	-353.495	-122.233	237.711	-398.880	37.217	-37.217	-351.961	-1062.986	
109	111	-136.907	-327.424	-117.648	178.510	-436.593	37.217	-37.217	-366.251	-1055.788	
	112	-49.606	-111.483	-32.106	315.968	-319.145	37.217	-37.217	159.989	-549.557	
110	112	-34.371	-81.262	-34.007	243.202	-374.362	37.252	-37.252	130.814	-561.255	
	113	52.920	134.653	51.524	370.577	-259.783	37.252	-37.252	646.927	-57.938	
111	113	67.713	163.812	49.303	302.843	-331.037	37.470	-37.470	621.142	-87.678	
	114	154.992	379.698	134.823	418.150	-211.562	37.470	-37.470	1125.133	420.481	
112	114	169.502	407.038	135.338	377.801	-284.946	38.022	-38.022	1127.701	388.910	
	115	259.044	622.944	220.865	480.077	-168.032	38.022	-38.022	1620.952	896.799	
113	115	273.221	647.351	229.401	477.292	-231.434	39.013	-39.013	1666.278	879.526	
	116	369.540	863.286	314.940	576.149	-117.728	39.013	-39.013	2162.928	1391.025	
114	116	380.497	876.238	341.472	594.972	-166.264	40.728	-40.728	2233.907	1391.215	
	117	488.064	1092.121	426.990	701.107	-71.311	40.728	-40.728	2749.010	1895.137	
115	117	490.331	1079.688	484.966	735.903	-130.629	43.379	-43.379	2834.267	1880.976	
	118	616.274	1295.603	570.497	854.863	-99.251	43.379	-43.379	3380.617	2339.744	P1
116	118	-588.861	-1196.177	-556.080	158.484	-883.615	74.205	-74.205	-2108.430	-3298.938	P1
	119	-497.538	-1045.027	-496.204	180.228	-798.479	74.205	-74.205	-1784.336	-2911.453	
117	119	-498.279	-1067.608	-435.095	120.936	-760.694	71.392	-71.392	-1808.655	-2833.068	
	120	-381.684	-851.705	-349.569	170.466	-650.626	71.392	-71.392	-1341.100	-2304.975	
118	120	-372.498	-843.990	-315.885	140.184	-627.613	69.477	-69.477	-1322.713	-2229.463	
	121	-267.172	-628.079	-230.356	222.084	-526.478	69.477	-69.477	-834.046	-1721.561	
119	121	-253.335	-605.663	-218.353	174.126	-517.824	68.436	-68.436	-834.789	-1663.610	
	122	-160.797	-389.780	-132.835	279.042	-422.075	68.436	-68.436	-335.934	-1173.922	
120	122	-146.217	-362.752	-130.650	213.501	-431.053	67.857	-67.857	-358.260	-1138.530	
	123	-61.921	-146.807	-45.107	326.866	-339.004	67.857	-67.857	140.888	-660.697	
121	123	-47.544	-119.303	-45.587	268.532	-376.456	67.701	-67.701	123.799	-656.591	
	124	36.728	96.581	39.932	374.475	-271.774	67.701	-67.701	615.417	-166.235	
122	124	51.089	124.044	39.505	335.612	-328.622	67.837	-67.837	618.088	-181.821	
	125	135.373	339.957	125.036	428.135	-216.610	67.837	-67.837	1096.338	315.919	
123	125	149.949	366.962	127.400	418.849	-279.614	68.388	-68.388	1131.548	296.309	
	126	242.497	582.869	212.928	514.513	-176.079	68.388	-68.388	1621.194	793.826	
124	126	256.342	605.392	225.272	523.885	-222.115	69.372	-69.372	1680.262	795.519	
	127	361.664	821.295	310.799	624.999	-142.900	69.372	-69.372	2188.128	1281.486	
125	127	370.864	829.249	344.364	648.946	-172.565	71.180	-71.180	2264.603	1300.731	
	128	487.461	1045.154	429.891	759.109	-118.968	71.180	-71.180	2792.795	1772.357	
126	128	487.507	1026.262	489.870	797.379	-172.912	73.789	-73.789	2874.807	1756.938	
	129	578.820	1177.396	549.739	882.743	-151.028	73.789	-73.789	3262.488	2081.139	P2

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
127	129	-582.248	-1206.698	-557.727	159.925	-895.450	77.188	-77.188	-2109.560	-3319.311	P2
	130	-490.917	-1055.535	-497.847	181.757	-810.223	77.188	-77.188	-1785.353	-2931.710	
128	130	-490.997	-1074.662	-437.826	127.714	-771.909	74.435	-74.435	-1801.336	-2849.829	
	131	-374.394	-858.745	-352.294	179.684	-661.827	74.435	-74.435	-1331.314	-2321.695	
129	131	-365.328	-851.102	-318.688	149.973	-638.014	72.472	-72.472	-1312.673	-2245.604	
	132	-260.011	-635.208	-233.165	222.136	-536.736	72.472	-72.472	-833.777	-1737.592	
130	132	-245.950	-611.944	-220.977	182.971	-527.917	71.411	-71.411	-824.489	-1678.197	
	133	-156.402	-396.023	-135.443	279.399	-431.919	71.411	-71.411	-337.059	-1191.198	
131	133	-141.809	-368.892	-133.384	221.605	-441.471	70.777	-70.777	-351.702	-1156.333	
	134	-63.539	-152.983	-47.855	326.674	-348.951	70.777	-70.777	133.074	-684.105	
132	134	-49.315	-125.967	-48.260	276.515	-376.260	70.607	-70.607	123.580	-670.409	
	135	28.952	89.935	37.265	374.738	-281.498	70.607	-70.607	601.497	-195.952	
133	135	43.187	116.979	36.870	343.752	-328.054	70.739	-70.739	611.526	-201.759	
	136	121.453	332.879	122.395	436.145	-226.328	70.739	-70.739	1083.612	279.660	
134	136	135.964	359.875	124.416	426.482	-280.458	71.325	-71.325	1118.061	268.472	
	137	225.505	575.780	209.943	522.358	-186.999	71.325	-71.325	1604.911	752.904	
135	137	239.568	599.087	222.100	531.168	-225.348	72.321	-72.321	1664.245	763.086	
	138	344.896	815.002	307.631	632.390	-154.046	72.321	-72.321	2172.241	1241.162	
136	138	353.963	822.726	341.173	656.395	-184.388	74.188	-74.188	2248.445	1259.288	
	139	470.549	1038.612	426.693	766.531	-131.794	74.188	-74.188	2776.573	1729.872	
137	139	470.533	1019.731	486.660	805.290	-185.971	76.865	-76.865	2859.080	1714.088	
	140	561.847	1170.867	546.531	890.873	-163.575	76.865	-76.865	3246.983	2038.805	P3
138	140	-536.162	-1106.000	-527.078	174.539	-884.092	69.091	-69.091	-1925.611	-3122.424	P3
	141	-444.840	-954.851	-467.203	196.512	-798.555	69.091	-69.091	-1601.291	-2734.541	
139	141	-445.023	-974.186	-407.348	142.996	-759.771	66.456	-66.456	-1617.106	-2652.785	
	142	-328.430	-758.286	-321.823	194.352	-649.733	66.456	-66.456	-1147.731	-2124.728	
140	142	-319.465	-750.843	-288.313	163.213	-625.699	64.604	-64.604	-1130.804	-2048.924	
	143	-214.128	-534.911	-202.775	234.304	-524.514	64.604	-64.604	-652.906	-1540.932	
141	143	-200.247	-512.068	-190.639	195.779	-515.680	63.602	-63.602	-643.573	-1482.235	
	144	-110.714	-296.182	-105.119	279.918	-419.775	63.602	-63.602	-168.495	-995.392	
142	144	-96.135	-269.025	-103.042	232.841	-432.823	63.004	-63.004	-172.357	-964.028	
	145	-17.858	-53.096	-17.505	325.968	-336.594	63.004	-63.004	300.513	-488.057	
143	145	-3.560	-25.907	-17.816	287.474	-377.567	62.850	-62.850	303.041	-487.701	
	146	74.703	189.982	67.705	375.993	-268.681	62.850	-62.850	771.233	0.859	
144	146	88.960	217.025	67.403	354.540	-329.596	62.986	-62.986	790.915	-19.193	
	147	167.244	432.973	152.948	446.835	-212.651	62.986	-62.986	1262.985	477.527	
145	147	182.026	460.430	155.255	437.802	-281.856	63.533	-63.533	1299.046	452.322	
	148	271.554	676.303	240.770	533.575	-171.841	63.533	-63.533	1785.735	953.252	
146	148	285.396	698.535	253.428	543.889	-224.470	64.510	-64.510	1845.758	948.379	
	149	390.737	914.477	338.970	645.091	-137.092	64.510	-64.510	2353.785	1442.583	
147	149	399.951	921.424	374.495	672.055	-165.713	66.195	-66.195	2434.120	1463.961	
	150	516.534	1137.304	460.012	782.218	-116.657	66.195	-66.195	2962.263	1930.998	
148	150	516.710	1115.522	524.404	825.492	-181.397	68.436	-68.436	3050.564	1906.803	
	151	608.033	1266.673	584.280	910.997	-159.479	68.436	-68.436	3438.419	2231.071	P4
149	151	-692.424	-1482.383	-637.650	107.535	-920.782	33.630	-33.630	-2671.291	-3766.869	P4
	152	-566.499	-1266.500	-552.131	134.733	-802.884	33.630	-33.630	-2216.767	-3221.645	
150	152	-563.012	-1277.116	-491.409	70.068	-761.606	31.516	-31.516	-2229.952	-3124.660	
	153	-455.425	-1061.193	-405.875	160.502	-656.017	31.516	-31.516	-1730.475	-2610.027	
151	153	-444.085	-1047.823	-377.936	111.520	-634.551	29.969	-29.969	-1728.355	-2534.363	
	154	-347.770	-831.896	-292.400	221.134	-535.875	29.969	-29.969	-1220.962	-2037.909	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
152	154	-333.584	-807.733	-283.179	156.760	-529.451	29.025	-29.025	-1238.712	-1982.972	
	155	-244.047	-591.838	-197.656	269.389	-434.879	29.025	-29.025	-735.127	-1497.446	
153	155	-229.774	-565.227	-196.589	195.034	-460.973	28.474	-28.474	-768.082	-1481.037	
	156	-142.489	-349.325	-111.063	310.043	-352.681	28.474	-28.474	-264.360	-984.031	
154	156	-128.179	-321.170	-112.709	230.093	-408.404	28.206	-28.206	-303.758	-998.668	
	157	-40.883	-105.242	-27.172	346.444	-298.431	28.206	-28.206	201.354	-499.935	
155	157	-26.354	-75.957	-29.728	274.774	-369.280	28.096	-28.096	170.831	-529.416	
	158	60.934	139.950	55.800	384.129	-246.692	28.096	-28.096	668.908	-18.105	
156	158	75.994	170.402	53.295	324.059	-324.410	28.085	-28.085	651.834	-52.804	
	159	163.275	386.293	138.816	436.800	-195.379	28.085	-28.085	1153.269	464.920	
157	159	178.556	415.738	139.584	387.048	-265.473	28.133	-28.133	1149.058	440.272	
	160	261.343	631.667	225.121	507.517	-131.777	28.133	-28.133	1653.781	958.221	
158	160	272.652	649.256	237.240	488.515	-168.412	28.030	-28.030	1675.694	962.706	
	161	349.625	865.142	322.760	624.690	-75.987	28.030	-28.030	2190.247	1433.509	
159	161	343.826	835.867	360.981	649.258	-82.821	27.177	-27.177	2217.109	1430.676	
	162	366.534	900.641	386.641	694.509	-64.197	27.177	-27.177	2375.502	1562.442	P5

< TORSION MOMENT >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-2.540	-97.754	-117.969	591.115	-642.492	9.255	-11.567	382.107	-872.322	A1
	2	-2.540	-61.063	-62.481	537.981	-630.705	9.255	-11.567	421.153	-768.356	
2	2	0.930	-89.636	-114.252	592.282	-702.661	5.080	-5.669	394.404	-911.287	
	3	0.930	-48.874	-52.608	568.300	-689.410	5.080	-5.669	472.828	-795.630	
3	3	-1.118	-68.096	-82.530	482.456	-562.082	3.754	-2.422	334.466	-716.248	
	4	-1.118	-27.333	-20.885	427.410	-556.565	3.754	-2.422	381.827	-608.324	
4	4	1.085	-30.468	-50.592	366.303	-426.463	2.393	-2.855	288.721	-509.294	
	5	1.085	10.295	11.054	311.480	-426.463	2.393	-2.855	336.306	-406.885	
5	5	3.013	5.938	-22.177	410.736	-324.482	3.109	-3.958	400.619	-341.667	
	6	3.013	46.705	39.475	410.736	-370.609	3.109	-3.958	503.039	-285.374	
6	6	2.396	31.974	8.983	529.684	-396.715	6.046	-6.046	579.083	-359.408	
	7	2.396	72.737	70.627	529.684	-442.588	6.046	-6.046	681.490	-302.873	
7	7	-5.184	32.774	39.578	655.477	-535.206	8.096	-8.096	730.740	-476.135	
	8	-5.184	73.533	101.217	668.726	-564.632	8.096	-8.096	846.388	-403.163	
8	8	-13.907	14.976	53.311	740.860	-621.318	8.930	-8.930	804.170	-575.868	
	9	-13.907	55.741	114.960	754.112	-674.607	8.930	-8.930	919.837	-526.743	
9	9	-10.922	-0.633	19.163	741.047	-734.354	8.401	-8.401	757.057	-735.147	
	10	-10.922	40.131	80.810	750.576	-738.308	8.401	-8.401	868.996	-636.690	P1
10	10	19.845	-0.197	-53.796	782.597	-779.012	3.000	-1.791	751.448	-814.952	P1
	11	19.845	28.343	-10.634	782.662	-773.484	3.000	-1.791	823.216	-737.721	
11	11	28.595	-11.916	-111.696	746.404	-787.269	3.099	-4.590	654.486	-886.876	
	12	28.595	28.845	-50.053	686.100	-774.018	3.099	-4.590	696.585	-771.221	
12	12	18.752	-40.898	-107.628	660.753	-755.445	3.085	-5.451	534.065	-890.669	
	13	18.752	-0.136	-45.983	616.284	-742.194	3.085	-5.451	592.003	-775.011	
13	13	7.099	-55.001	-80.818	546.331	-624.463	2.770	-5.213	420.381	-758.396	
	14	7.099	-14.237	-19.170	497.532	-611.212	2.770	-5.213	473.994	-642.733	

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	
14	14	0.717	-46.142	-53.338	434.197	-483.781	2.987	-4.450	338.421	-586.994	
	15	0.717	-5.374	8.315	357.546	-472.284	2.987	-4.450	364.192	-473.075	
15	15	-1.165	-22.667	-30.278	382.881	-388.655	3.608	-3.696	332.380	-446.460	
	16	-1.165	18.089	31.358	387.711	-383.902	3.608	-3.696	439.602	-339.316	
16	16	-2.849	1.259	-7.157	472.651	-355.551	4.459	-3.124	468.363	-367.422	
	17	-2.849	42.029	54.499	480.229	-432.997	4.459	-3.124	578.368	-342.441	
17	17	-8.638	11.541	20.396	607.413	-497.051	5.392	-4.278	636.103	-478.031	
	18	-8.638	52.301	82.038	620.663	-544.975	5.392	-4.278	751.756	-423.553	
18	18	-19.166	0.113	47.089	744.674	-619.782	5.928	-5.480	778.638	-597.225	
	19	-19.166	40.881	108.742	757.927	-664.848	5.928	-5.480	894.311	-539.871	
19	19	-27.261	-24.061	51.711	786.833	-694.014	6.171	-6.171	793.393	-699.796	
	20	-27.261	16.699	113.352	800.084	-758.813	6.171	-6.171	909.044	-662.194	
20	20	-18.141	-22.416	14.531	791.272	-801.035	5.065	-5.065	770.311	-832.125	
	21	-18.141	6.122	57.689	796.807	-800.977	5.065	-5.065	847.542	-760.372	P2
21	21	15.532	-18.637	-59.518	801.302	-801.826	2.535	-3.696	741.213	-868.145	P2
	22	15.532	9.898	-16.365	801.359	-796.291	2.535	-3.696	812.958	-790.922	
22	22	23.711	-31.488	-115.810	764.241	-811.432	3.436	-5.430	644.090	-940.448	
	23	23.711	9.274	-54.166	697.709	-798.181	3.436	-5.430	679.964	-824.792	
23	23	16.025	-54.196	-110.730	673.314	-772.481	3.848	-5.990	528.262	-927.371	
	24	16.025	-13.430	-49.080	629.044	-759.229	3.848	-5.990	586.408	-811.703	
24	24	5.285	-64.286	-83.622	550.366	-631.438	3.484	-5.584	411.228	-779.645	
	25	5.285	-23.523	-21.977	502.244	-618.187	3.484	-5.584	465.514	-663.986	
25	25	0.316	-49.201	-54.855	434.582	-482.716	2.874	-4.314	333.715	-590.770	
	26	0.316	-8.441	6.787	354.844	-469.475	2.874	-4.314	356.379	-475.127	
26	26	-1.114	-22.511	-31.394	381.422	-387.609	3.455	-3.487	329.858	-446.115	
	27	-1.114	18.256	30.258	386.183	-382.787	3.455	-3.487	437.039	-338.874	
27	27	-1.967	5.482	-7.527	468.614	-354.315	4.283	-2.826	468.886	-361.153	
	28	-1.967	46.249	54.125	480.585	-433.504	4.283	-2.826	583.275	-337.924	
28	28	-6.295	21.577	21.413	616.621	-502.073	5.396	-3.240	658.712	-468.618	
	29	-6.295	62.337	83.053	629.872	-549.934	5.396	-3.240	774.363	-414.079	
29	29	-15.850	13.687	49.054	761.462	-630.658	5.771	-3.655	814.125	-587.421	
	30	-15.850	54.457	110.710	774.716	-674.797	5.771	-3.655	929.804	-529.135	
30	30	-22.101	-6.431	54.784	806.884	-705.451	5.402	-3.664	838.538	-682.863	
	31	-22.101	34.325	116.419	820.133	-769.821	5.402	-3.664	954.178	-644.842	
31	31	-11.672	-2.555	18.191	814.210	-815.749	3.509	-2.687	821.682	-814.473	
	32	-11.672	25.983	61.349	819.746	-815.693	3.509	-2.687	898.914	-742.721	P3
32	32	22.450	2.011	-55.983	814.002	-805.607	4.814	-4.814	787.294	-841.943	P3
	33	22.450	30.543	-12.834	814.057	-800.071	4.814	-4.814	859.031	-764.726	
33	33	32.786	-6.456	-111.054	770.153	-808.838	6.352	-6.352	691.782	-899.914	
	34	32.786	34.311	-49.402	708.656	-795.586	6.352	-6.352	732.703	-784.243	
34	34	24.994	-30.370	-106.431	677.343	-766.979	5.729	-5.729	571.265	-884.516	
	35	24.994	10.395	-44.782	629.607	-753.727	5.729	-5.729	625.943	-768.849	
35	35	13.706	-42.625	-80.091	553.203	-624.494	4.793	-4.793	448.986	-738.297	
	36	13.706	-1.860	-18.443	502.005	-611.242	4.793	-4.793	500.200	-622.633	
36	36	6.521	-33.814	-53.214	436.477	-474.990	3.328	-3.485	359.298	-558.982	
	37	6.521	6.950	8.433	359.614	-469.458	3.328	-3.485	384.847	-451.038	
37	37	2.824	-13.146	-31.271	385.566	-380.811	3.580	-2.183	347.553	-424.586	
	38	2.824	27.620	30.379	390.391	-376.052	3.580	-2.183	454.795	-317.412	
38	38	-2.410	3.586	-9.906	471.835	-352.217	3.852	-2.434	466.957	-363.381	
	39	-2.410	44.345	51.734	480.946	-433.844	3.852	-2.434	578.468	-342.609	

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	
39	39	-13.124	3.345	16.493	615.542	-500.847	4.211	-3.277	626.468	-497.410	
	40	-13.124	44.107	78.139	628.794	-550.225	4.211	-3.277	742.127	-444.380	
40	40	-30.084	-23.955	42.128	753.038	-624.320	3.687	-3.842	744.815	-640.073	
	41	-30.084	16.813	103.781	766.291	-673.715	3.687	-3.842	860.488	-587.047	
41	41	-46.259	-71.136	44.581	785.884	-723.656	5.433	-4.333	718.502	-800.803	
	42	-46.259	-30.372	106.229	799.135	-762.171	5.433	-4.333	834.166	-736.906	
42	42	-46.868	-97.477	1.557	802.970	-849.086	12.135	-7.118	672.317	-998.992	
	43	-46.868	-68.943	44.708	808.497	-849.022	12.135	-7.118	749.529	-927.243	P4
43	43	7.745	-62.838	-76.581	838.575	-866.029	7.594	-7.319	714.495	-1005.022	P4
	44	7.745	-22.073	-14.932	799.428	-856.499	7.594	-7.319	777.761	-893.079	
44	44	2.966	-100.573	-114.819	781.458	-902.679	8.233	-8.233	577.265	-1123.338	
	45	2.966	-59.808	-53.170	748.179	-889.427	8.233	-8.233	646.401	-1007.672	
45	45	-8.424	-127.206	-103.020	677.193	-839.182	8.583	-8.583	447.126	-1086.415	
	46	-8.424	-86.448	-41.383	674.716	-825.933	8.583	-8.583	547.044	-970.771	
46	46	-15.889	-128.005	-74.660	557.324	-695.734	7.204	-7.204	345.974	-921.492	
	47	-15.889	-87.237	-13.007	549.149	-682.481	7.204	-7.204	440.220	-805.819	
47	47	-14.632	-98.871	-48.596	447.294	-548.224	5.480	-5.171	290.675	-715.494	
	48	-14.632	-58.109	13.047	399.217	-537.917	5.480	-5.171	345.004	-602.781	
48	48	-5.000	-44.379	-27.369	394.878	-432.559	4.466	-3.150	322.596	-512.457	
	49	-5.000	-3.613	34.282	394.878	-430.185	4.466	-3.150	425.013	-407.665	
49	49	6.545	17.300	-8.566	506.476	-364.558	3.539	-3.024	525.293	-352.304	
	50	6.545	58.062	53.078	506.476	-420.675	3.539	-3.024	627.701	-306.014	
50	50	16.928	76.655	15.146	666.607	-512.935	2.629	-3.929	777.966	-408.134	
	51	16.928	117.424	76.800	679.860	-549.200	2.629	-3.929	893.642	-341.977	
51	51	20.226	115.598	45.470	844.917	-669.210	4.140	-4.350	1030.351	-492.267	
	52	20.226	156.358	107.110	858.167	-670.087	4.140	-4.350	1146.001	-390.743	
52	52	18.740	130.407	74.028	894.741	-746.709	5.997	-5.997	1123.911	-529.531	
	53	18.740	171.174	135.680	907.995	-762.842	5.997	-5.997	1239.586	-443.244	
53	53	31.054	152.492	77.051	690.778	-555.917	9.014	-9.014	960.389	-304.335	
	54	31.054	164.716	95.537	694.517	-597.873	9.014	-9.014	994.837	-315.581	P5

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
54	55	-21.662	-139.190	79.146	847.339	-908.431	13.716	-10.844	779.349	-1000.981	A1
	56	-21.662	-112.578	80.819	805.665	-877.667	13.716	-10.844	765.960	-941.931	
55	56	-28.601	-159.864	76.210	916.591	-994.257	10.054	-9.430	814.390	-1115.942	
	57	-28.601	-130.294	78.069	871.470	-959.593	10.054	-9.430	800.699	-1049.848	
56	57	-18.721	-108.589	49.103	708.178	-763.624	8.683	-8.511	638.653	-850.343	
	58	-18.721	-79.018	50.962	663.219	-728.721	8.683	-8.511	625.125	-784.009	
57	58	-2.381	-32.680	13.662	485.455	-494.009	8.838	-8.166	472.895	-523.574	
	59	-2.381	-3.115	15.522	423.688	-443.992	8.838	-8.166	442.553	-442.132	
58	59	13.160	40.724	-22.552	414.450	-389.927	9.742	-9.057	455.525	-367.651	
	60	13.160	70.292	-20.693	449.640	-444.994	9.742	-9.057	522.142	-391.291	
59	60	25.542	100.515	-52.823	619.091	-578.132	11.071	-11.071	703.395	-515.969	
	61	25.542	130.087	-50.964	655.831	-629.340	11.071	-11.071	771.567	-535.746	
60	61	33.396	137.789	-69.556	814.803	-742.028	12.463	-12.463	928.895	-652.863	
	62	33.396	167.357	-67.697	850.173	-787.913	12.463	-12.463	995.692	-667.321	
61	62	34.242	135.018	-64.652	947.776	-858.628	11.219	-11.219	1063.602	-765.240	
	63	34.242	164.585	-62.793	982.835	-904.634	11.219	-11.219	1130.087	-779.819	

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	
62	63	25.668	72.319	-29.327	938.870	-847.857	6.116	-6.116	1013.647	-785.313	
	64	25.668	101.892	-27.467	973.180	-893.387	6.116	-6.116	1079.389	-799.410	P1
63	64	-10.857	-40.403	24.625	853.266	-926.142	5.486	-5.486	832.117	-958.263	P1
	65	-10.857	-19.708	25.926	817.583	-899.368	5.486	-5.486	818.430	-909.492	
64	65	-20.526	-119.101	64.880	946.023	-1024.216	2.836	-5.243	874.113	-1104.205	
	66	-20.526	-89.530	66.740	899.576	-988.879	2.836	-5.243	859.096	-1037.438	
65	66	-24.887	-144.992	76.169	897.638	-969.702	5.131	-8.091	809.058	-1071.504	
	67	-24.887	-115.426	78.027	851.825	-934.422	5.131	-8.091	794.670	-1004.799	
66	67	-21.075	-124.135	62.739	746.386	-794.731	6.136	-8.604	670.050	-885.806	
	68	-21.075	-94.562	64.598	700.614	-759.364	6.136	-8.604	655.712	-819.006	
67	68	-12.090	-75.621	33.626	566.603	-595.216	6.130	-7.696	518.647	-656.998	
	69	-12.090	-46.051	35.485	521.304	-560.316	6.130	-7.696	504.777	-590.669	
68	69	-1.138	-17.377	-1.543	396.610	-406.192	6.498	-6.711	383.051	-432.961	
	70	-1.138	12.191	0.316	405.330	-397.897	6.498	-6.711	423.198	-393.238	
69	70	10.559	42.481	-35.965	557.491	-521.547	7.625	-7.201	582.191	-511.673	
	71	10.559	72.047	-34.106	592.414	-566.857	7.625	-7.201	648.538	-525.558	
70	71	19.898	91.482	-64.637	752.687	-699.191	8.559	-8.234	807.987	-660.683	
	72	19.898	121.052	-62.778	788.061	-744.995	8.559	-8.234	874.791	-675.058	
71	72	24.757	114.388	-77.078	934.720	-851.162	8.582	-8.582	1005.368	-797.677	
	73	24.757	143.958	-75.219	970.024	-897.045	8.582	-8.582	1072.102	-812.131	
72	73	22.595	94.039	-64.503	1005.066	-912.021	6.735	-6.735	1063.932	-866.624	
	74	22.595	123.610	-62.644	1040.523	-958.618	6.735	-6.735	1130.818	-881.791	
73	74	12.846	27.817	-26.834	947.624	-859.630	2.367	-2.141	963.821	-847.942	
	75	12.846	48.516	-25.533	974.940	-895.886	2.367	-2.141	1013.138	-862.197	P2
74	75	-15.985	-62.718	22.242	901.157	-982.840	2.666	-1.963	847.361	-1041.265	P2
	76	-15.985	-42.021	23.543	864.918	-955.528	2.666	-1.963	833.120	-991.954	
75	76	-25.160	-136.307	60.163	969.195	-1055.038	4.102	-5.986	871.992	-1162.329	
	77	-25.160	-106.741	62.022	922.635	-1019.623	4.102	-5.986	856.857	-1095.489	
76	77	-27.734	-157.198	72.974	912.053	-990.423	6.839	-8.448	806.933	-1110.829	
	78	-27.734	-127.629	74.833	866.217	-955.154	6.839	-8.448	792.525	-1044.132	
77	78	-22.445	-130.951	60.491	752.110	-800.738	7.188	-8.468	666.393	-902.111	
	79	-22.445	-101.378	62.350	705.927	-765.066	7.188	-8.468	651.642	-835.007	
78	79	-12.423	-77.445	32.248	566.589	-595.689	6.552	-7.306	515.519	-660.616	
	80	-12.423	-47.875	34.107	520.619	-560.248	6.552	-7.306	500.980	-593.746	
79	80	-1.106	-16.970	-1.498	397.103	-408.173	6.251	-6.251	383.781	-433.997	
	81	-1.106	12.594	0.361	405.793	-398.727	6.251	-6.251	423.894	-393.129	
80	81	10.818	44.849	-34.798	556.592	-518.861	7.243	-6.450	584.704	-504.443	
	82	10.818	74.418	-32.939	592.016	-564.826	7.243	-6.450	651.556	-518.979	
81	82	21.596	99.774	-62.699	760.713	-703.596	8.349	-7.025	827.733	-651.949	
	83	21.596	129.344	-60.840	796.380	-749.768	8.349	-7.025	894.830	-666.692	
82	83	28.157	128.463	-74.638	954.066	-864.829	8.307	-6.774	1044.355	-789.621	
	84	28.157	158.034	-72.778	989.344	-910.666	8.307	-6.774	1111.064	-804.026	
83	84	27.654	111.844	-60.907	1025.746	-925.821	5.691	-4.110	1110.028	-851.340	
	85	27.654	141.412	-59.048	1061.136	-972.399	5.691	-4.110	1176.845	-866.491	
84	85	20.664	51.634	-21.561	969.520	-872.971	1.579	-2.815	1021.835	-825.050	
	86	20.664	72.333	-20.260	996.777	-909.235	1.579	-2.815	1071.093	-839.313	P3
85	86	-8.891	-41.564	26.619	911.239	-992.872	1.438	-2.327	888.840	-1019.035	P3
	87	-8.891	-20.869	27.920	875.089	-965.600	1.438	-2.327	874.686	-969.767	
86	87	-16.604	-112.448	64.926	973.332	-1057.616	6.869	-6.869	916.074	-1128.612	
	88	-16.604	-82.879	66.785	926.774	-1022.201	6.869	-6.869	900.945	-1061.768	

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	
87	88	-18.515	-132.516	77.660	911.241	-986.798	9.171	-9.171	847.040	-1069.340	
	89	-18.515	-102.948	79.519	865.399	-951.544	9.171	-9.171	832.625	-1002.659	
88	89	-13.807	-108.464	64.377	748.017	-792.310	8.807	-8.813	698.929	-859.018	
	90	-13.807	-78.891	66.236	701.829	-756.635	8.807	-8.813	684.174	-791.910	
89	90	-5.372	-59.377	34.515	561.923	-588.644	7.702	-7.994	539.391	-626.872	
	91	-5.372	-29.810	36.374	515.964	-553.214	7.702	-7.994	524.858	-560.016	
90	91	4.252	-3.264	-0.835	406.010	-403.851	6.895	-7.285	413.058	-410.983	
	92	4.252	26.304	1.024	419.331	-403.950	6.895	-7.285	457.807	-379.654	
91	92	13.172	51.114	-36.431	569.734	-526.721	7.796	-7.064	605.386	-505.929	
	93	13.172	80.684	-34.571	605.121	-572.679	7.796	-7.064	672.203	-520.457	
92	93	19.928	95.880	-66.666	769.907	-708.896	8.664	-7.504	827.713	-667.258	
	94	19.928	125.446	-64.807	805.540	-755.046	8.664	-7.504	894.771	-681.984	
93	94	21.699	111.443	-79.701	949.370	-865.763	8.582	-8.222	1011.393	-820.544	
	95	21.699	141.013	-77.842	984.611	-911.532	8.582	-8.222	1078.063	-834.884	
94	95	16.260	78.413	-64.424	1002.828	-913.741	6.019	-8.759	1039.095	-892.251	
	96	16.260	107.980	-62.565	1038.167	-960.118	6.019	-8.759	1105.861	-907.202	
95	96	6.423	0.493	-17.178	913.561	-852.305	6.152	-9.792	909.451	-872.359	
	97	6.423	21.195	-15.876	940.360	-870.198	6.152	-9.792	958.254	-868.247	P4
96	97	-54.287	-182.740	31.313	1001.569	-1127.026	11.683	-10.630	807.538	-1343.371	P4
	98	-54.287	-153.173	33.172	956.211	-1093.035	11.683	-10.630	793.607	-1277.953	
97	98	-59.965	-244.581	73.183	1050.608	-1173.227	14.116	-14.116	833.361	-1418.707	
	99	-59.965	-215.014	75.042	1004.748	-1138.327	14.116	-14.116	818.927	-1352.381	
98	99	-57.257	-246.407	82.643	965.819	-1072.548	14.130	-14.130	758.929	-1307.699	
	100	-57.257	-216.833	84.503	920.019	-1037.263	14.130	-14.130	744.562	-1240.980	
99	100	-47.682	-207.558	69.670	820.504	-887.542	12.455	-12.455	647.390	-1085.567	
	101	-47.682	-177.989	71.529	775.348	-852.591	12.455	-12.455	633.662	-1019.188	
100	101	-32.149	-142.598	43.797	639.764	-680.305	9.507	-9.507	518.321	-820.762	
	102	-32.149	-113.033	45.656	595.380	-646.048	9.507	-9.507	505.361	-755.081	
101	102	-12.431	-60.700	10.928	448.956	-462.576	6.583	-6.859	393.335	-531.638	
	103	-12.431	-31.132	12.787	402.943	-429.190	6.583	-6.859	378.748	-466.826	
102	103	10.474	31.960	-23.697	529.827	-496.633	5.503	-4.781	554.067	-482.677	
	104	10.474	61.531	-21.838	575.990	-557.105	5.503	-4.781	631.661	-511.718	
103	104	32.864	123.548	-57.992	832.932	-753.551	5.298	-3.580	936.650	-658.710	
	105	32.864	153.118	-56.132	867.760	-798.398	5.298	-3.580	1002.908	-672.129	
104	105	49.458	194.966	-86.476	1105.168	-996.135	5.334	-5.013	1268.450	-843.201	
	106	49.458	224.535	-84.617	1140.525	-1041.798	5.334	-5.013	1335.235	-857.435	
105	106	51.633	214.395	-101.335	1197.053	-1086.933	5.635	-5.562	1367.381	-927.802	
	107	51.633	243.964	-99.476	1232.906	-1134.513	5.635	-5.562	1434.661	-943.954	
106	107	19.826	113.755	-84.406	858.518	-811.540	6.065	-5.177	913.757	-767.542	
	108	19.826	122.626	-83.849	874.224	-833.095	6.065	-5.177	938.892	-779.668	P5

< Girder 3 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
107	109	-71.679	-239.278	213.610	531.969	-598.411	3.902	-4.300	438.523	-700.059	A1
	110	-71.679	-215.693	112.431	530.226	-574.712	3.902	-4.300	359.186	-753.954	
108	110	-70.257	-232.853	221.718	593.723	-638.529	4.151	-3.178	516.482	-723.099	
	111	-70.257	-206.646	109.292	591.780	-627.804	4.151	-3.178	428.320	-798.593	
109	111	-41.824	-147.165	165.904	490.994	-521.801	3.280	-2.783	471.188	-547.670	
	112	-41.824	-120.953	53.455	490.994	-475.151	3.280	-2.783	384.951	-587.256	

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	
110	112	-11.788	-51.281	95.118	388.709	-382.990	2.285	-4.139	423.043	-355.080	
	113	-11.788	-25.072	-17.318	388.709	-306.708	2.285	-4.139	336.816	-365.025	
111	113	17.000	41.739	25.831	318.162	-376.392	4.768	-5.291	407.501	-297.113	
	114	17.000	67.945	-86.588	384.442	-376.392	4.768	-5.291	387.566	-383.328	
112	114	42.594	122.692	-38.135	437.217	-469.431	7.242	-7.242	571.609	-349.522	
	115	42.594	148.900	-150.566	480.980	-469.431	7.242	-7.242	529.151	-435.745	
113	115	62.840	182.581	-85.963	600.482	-573.563	8.843	-8.843	768.782	-422.949	
	116	62.840	208.792	-198.409	618.484	-575.507	8.843	-8.843	700.550	-511.126	
114	116	67.910	193.192	-91.899	704.764	-643.599	9.013	-9.013	882.980	-483.409	
	117	67.910	219.397	-204.317	730.323	-645.542	9.013	-9.013	822.327	-571.565	
115	117	37.784	104.892	-20.810	743.695	-719.135	7.797	-7.797	873.357	-605.065	
	118	37.784	131.101	-133.245	764.216	-718.783	7.797	-7.797	807.652	-690.940	P1
116	118	-15.719	-56.365	99.351	751.945	-763.457	2.982	-2.715	782.195	-738.904	P1
	119	-15.719	-38.017	20.641	752.191	-763.456	2.982	-2.715	722.078	-799.266	
117	119	-55.074	-181.376	212.223	674.526	-786.820	3.178	-3.898	653.477	-814.945	
	120	-55.074	-155.169	99.794	672.583	-742.551	3.178	-3.898	565.313	-856.898	
118	120	-59.102	-197.384	222.121	646.457	-712.966	3.186	-5.123	615.279	-752.453	
	121	-59.102	-171.176	109.688	644.514	-690.935	3.186	-5.123	527.112	-816.647	
119	121	-43.713	-154.349	180.972	540.760	-588.689	2.853	-5.092	526.522	-610.872	
	122	-43.713	-128.144	68.554	538.817	-552.446	2.853	-5.092	438.367	-660.842	
120	122	-22.425	-86.944	119.389	424.846	-458.362	2.977	-4.469	437.843	-452.810	
	123	-22.425	-60.731	6.939	424.846	-380.291	2.977	-4.469	351.605	-460.977	
121	123	-0.402	-13.553	53.782	356.811	-357.565	3.578	-3.773	400.217	-321.511	
	124	-0.402	12.652	-58.637	356.811	-357.565	3.578	-3.773	314.003	-407.724	
122	124	22.152	61.037	-11.355	378.281	-424.901	4.466	-3.243	454.581	-356.309	
	125	22.152	87.246	-123.789	456.015	-424.901	4.466	-3.243	446.090	-442.535	
123	125	43.760	129.227	-72.893	549.904	-538.291	5.171	-4.047	655.169	-442.244	
	126	43.760	155.435	-185.323	586.781	-540.234	5.171	-4.047	605.824	-530.410	
124	126	60.158	174.876	-113.389	694.954	-647.723	5.644	-5.125	822.242	-531.203	
	127	60.158	201.084	-225.818	718.091	-649.666	5.644	-5.125	759.158	-619.368	
125	127	57.575	163.111	-104.297	757.761	-683.661	5.334	-5.334	879.483	-572.607	
	128	57.575	189.318	-216.727	803.933	-685.604	5.334	-5.334	839.433	-660.772	
126	128	22.961	62.124	-29.085	793.246	-772.165	3.360	-3.360	852.607	-719.525	
	129	22.961	80.470	-107.786	793.247	-771.919	3.360	-3.360	792.252	-779.635	P2
127	129	-25.207	-92.785	104.041	773.708	-795.889	2.654	-2.274	762.411	-812.114	P2
	130	-25.207	-74.436	25.325	773.954	-795.888	2.654	-2.274	702.290	-872.480	
128	130	-60.370	-202.417	212.960	692.814	-814.016	2.968	-4.964	645.954	-868.807	
	131	-60.370	-176.208	100.524	690.871	-769.648	2.968	-4.964	557.784	-910.666	
129	131	-63.118	-213.633	222.449	658.686	-730.863	3.412	-5.673	607.796	-790.838	
	132	-63.118	-187.427	110.025	656.743	-710.024	3.412	-5.673	519.636	-856.216	
130	132	-45.960	-164.046	181.723	544.323	-595.964	3.030	-5.243	519.070	-629.490	
	133	-45.960	-137.837	69.285	542.380	-561.033	3.030	-5.243	430.899	-680.787	
131	133	-23.894	-92.431	119.840	421.607	-460.071	2.971	-4.513	428.094	-461.067	
	134	-23.894	-66.222	7.408	421.607	-380.985	2.971	-4.513	341.870	-468.205	
132	134	-0.796	-14.482	55.903	354.331	-356.620	3.573	-3.525	398.529	-319.520	
	135	-0.796	11.725	-56.525	356.130	-353.374	3.573	-3.525	314.107	-402.495	
133	135	21.854	62.180	-8.592	378.051	-421.548	4.373	-2.916	457.868	-349.020	
	136	21.854	88.388	-121.019	457.246	-421.548	4.373	-2.916	450.842	-435.240	
134	136	44.758	135.504	-69.892	558.966	-542.228	5.156	-2.929	674.493	-434.787	
	137	44.758	161.712	-182.322	594.130	-544.171	5.156	-2.929	623.435	-522.952	

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	
135	137	63.101	187.296	-110.086	711.243	-658.620	5.544	-3.320	857.099	-521.628	
	138	63.101	213.505	-222.521	732.012	-660.563	5.544	-3.320	791.642	-609.797	
136	138	62.113	179.417	-99.849	776.248	-695.959	4.836	-2.980	922.765	-557.257	
	139	62.113	205.623	-212.269	820.156	-697.902	4.836	-2.980	880.459	-645.414	
137	139	29.439	82.663	-23.398	808.338	-785.015	1.980	-2.842	899.023	-699.152	
	140	29.439	101.009	-102.100	808.339	-784.769	1.980	-2.842	838.667	-759.262	P3
138	140	-18.267	-71.689	109.428	785.995	-806.633	3.208	-3.208	808.675	-790.369	P3
	141	-18.267	-53.342	30.719	786.242	-806.632	3.208	-3.208	748.560	-850.730	
139	141	-51.586	-178.059	219.234	694.077	-815.251	5.612	-5.612	689.277	-831.275	
	142	-51.586	-151.852	106.807	692.134	-768.701	5.612	-5.612	601.114	-870.945	
140	142	-53.824	-189.146	228.838	657.560	-729.303	5.842	-5.842	649.270	-749.277	
	143	-53.824	-162.935	116.394	655.617	-705.951	5.842	-5.842	561.094	-812.158	
141	143	-37.603	-142.847	187.688	542.601	-592.587	4.574	-5.034	554.414	-590.382	
	144	-37.603	-116.642	75.269	540.659	-554.856	4.574	-5.034	466.257	-638.867	
142	144	-17.325	-76.211	124.869	422.248	-456.682	3.559	-4.187	457.140	-429.537	
	145	-17.325	-50.001	12.427	422.248	-377.465	3.559	-4.187	370.909	-436.551	
143	145	2.359	-7.193	58.950	354.343	-357.408	3.764	-3.079	412.223	-306.370	
	146	2.359	19.013	-53.472	358.108	-357.239	3.764	-3.079	329.772	-392.418	
144	146	21.334	59.981	-6.823	379.179	-422.004	4.170	-2.307	457.840	-349.819	
	147	21.334	86.194	-119.275	458.403	-423.283	4.170	-2.307	450.826	-437.337	
145	147	38.823	119.300	-70.350	556.930	-542.677	4.118	-3.096	648.822	-457.999	
	148	38.823	145.504	-182.763	593.241	-544.620	4.118	-3.096	598.924	-546.151	
146	148	49.291	150.164	-112.121	702.895	-653.484	3.826	-3.675	794.054	-569.826	
	149	49.291	176.376	-224.570	727.541	-655.427	3.826	-3.675	732.463	-658.006	
147	149	39.823	118.241	-99.704	755.671	-693.135	2.381	-3.846	816.411	-638.621	
	150	39.823	144.446	-212.121	808.052	-692.782	2.381	-3.846	782.581	-724.480	
148	150	-1.305	-8.393	-12.597	820.105	-800.263	5.105	-5.105	802.914	-827.665	
	151	-1.305	9.954	-91.307	820.106	-800.018	5.105	-5.105	742.553	-887.781	P4
149	151	-57.331	-189.644	147.938	798.760	-869.181	7.622	-7.622	707.345	-975.841	P4
	152	-57.331	-163.439	35.520	799.112	-813.321	7.622	-7.622	621.483	-1006.193	
150	152	-88.015	-283.848	226.093	768.754	-859.562	9.199	-9.199	632.183	-1014.530	
	153	-88.015	-257.638	113.655	766.810	-857.762	9.199	-9.199	544.011	-1098.959	
151	153	-85.195	-281.006	224.405	715.667	-777.221	9.214	-9.214	583.085	-928.232	
	154	-85.195	-254.795	111.963	713.724	-775.454	9.214	-9.214	494.911	-1012.696	
152	154	-65.818	-224.449	181.332	602.434	-629.176	7.869	-7.869	501.368	-745.981	
	155	-65.818	-198.243	68.907	600.492	-627.413	7.869	-7.869	413.207	-830.436	
153	155	-41.165	-146.041	122.954	482.964	-491.398	6.087	-6.087	424.798	-561.737	
	156	-41.165	-119.833	10.525	481.021	-447.037	6.087	-6.087	336.634	-603.597	
154	156	-10.808	-47.905	63.348	404.129	-393.201	4.868	-4.048	413.632	-392.614	
	157	-10.808	-21.694	-49.094	404.129	-374.725	4.868	-4.048	327.400	-460.369	
155	157	21.017	56.511	1.163	373.074	-455.610	4.027	-2.485	455.794	-379.403	
	158	21.017	82.719	-111.268	450.612	-455.610	4.027	-2.485	447.108	-465.626	
156	158	54.826	165.292	-63.394	594.791	-571.546	3.170	-3.455	754.684	-418.277	
	159	54.826	191.498	-175.817	614.505	-573.488	3.170	-3.455	688.183	-506.436	
157	159	88.722	268.896	-124.191	780.801	-708.400	3.089	-3.976	1017.316	-478.950	
	160	88.722	295.106	-236.634	782.570	-710.343	3.089	-3.976	932.853	-567.125	
158	160	109.793	332.665	-162.757	855.268	-733.392	4.323	-4.323	1139.292	-458.013	
	161	109.793	358.871	-275.177	857.333	-735.334	4.323	-4.323	1055.142	-546.171	
159	161	77.697	250.912	-140.046	579.001	-528.373	3.087	-3.087	770.652	-342.896	
	162	77.697	258.775	-173.776	595.559	-528.945	3.087	-3.087	761.341	-369.336	P5

4.4 마. 작용하중별 부재력 집계

< DB 하중 >

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	12.697	-12.843	58.712	-684.093	25.541	742.805	A1
	2	2407.612	-263.791	114.924	-536.462	2671.403	651.387	
2	2	2408.074	-263.886	114.924	-542.950	2671.960	657.874	
	3	3881.943	-544.005	244.222	-409.626	4425.948	653.848	
3	3	3882.873	-544.144	244.222	-446.555	4427.017	690.777	
	4	4601.929	-823.368	326.153	-326.998	5425.297	653.151	
4	4	4602.553	-823.500	326.153	-382.251	5426.053	708.404	
	5	4727.805	-1108.429	381.407	-266.785	5836.234	648.192	
5	5	4728.029	-1108.510	381.407	-338.679	5836.539	720.086	
	6	4412.960	-1404.877	429.026	-217.364	5817.837	646.391	
6	6	4412.960	-1404.903	429.026	-292.022	5817.863	721.049	
	7	3665.413	-1720.136	493.613	-173.553	5385.549	667.166	
7	7	3665.413	-1720.136	493.613	-237.153	5385.549	730.766	
	8	2517.038	-2062.820	564.173	-122.082	4579.858	686.255	
8	8	2517.038	-2062.820	564.173	-168.809	4579.858	732.982	
	9	1125.010	-2550.715	642.870	-59.578	3675.725	702.447	
9	9	1125.010	-2550.715	642.870	-119.520	3675.725	762.390	
	10	799.636	-3196.265	736.995	-82.121	3995.901	819.116	P1
10	10	799.656	-3196.265	736.995	-732.406	3995.921	1469.400	P1
	11	707.470	-2526.760	114.556	-650.172	3234.230	764.728	
11	11	707.659	-2527.514	114.556	-665.536	3235.173	780.092	
	12	1961.859	-1988.903	156.099	-550.558	3950.762	706.657	
12	12	1962.581	-1989.473	156.099	-579.997	3952.054	736.097	
	13	3108.151	-1593.503	227.044	-466.153	4701.654	693.197	
13	13	3109.082	-1593.621	227.044	-505.843	4702.703	732.888	
	14	3866.722	-1264.137	286.307	-391.811	5130.859	678.118	
14	14	3867.384	-1264.140	286.307	-442.351	5131.524	728.658	
	15	4250.434	-956.233	335.249	-327.340	5206.667	662.588	
15	15	4250.822	-956.233	335.249	-385.565	5207.055	720.814	
	16	4259.813	-1044.243	383.485	-266.498	5304.056	649.983	
16	16	4259.813	-1044.271	383.485	-337.037	5304.084	720.522	
	17	3892.967	-1382.819	439.524	-214.484	5275.786	654.008	
17	17	3892.967	-1382.819	439.524	-287.017	5275.786	726.541	
	18	3145.177	-1742.091	503.311	-166.631	4887.268	669.942	
18	18	3145.177	-1742.091	503.311	-227.041	4887.268	730.352	
	19	1999.376	-2145.479	578.038	-115.671	4144.855	693.709	
19	19	1999.376	-2145.479	578.038	-153.074	4144.855	731.112	
	20	796.709	-2706.644	664.142	-62.888	3503.353	727.029	
20	20	796.709	-2706.644	664.142	-110.371	3503.353	774.513	
	21	811.733	-3195.457	731.925	-89.572	4007.190	821.497	P2
21	21	814.111	-3236.309	731.925	-732.998	4050.420	1464.923	P2
	22	735.197	-2608.487	111.188	-650.694	3343.684	761.882	
22	22	735.370	-2609.384	111.188	-665.697	3344.754	776.885	
	23	1946.932	-2061.008	155.907	-550.542	4007.940	706.450	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
23	23	1947.767	-2061.612	155.907	-579.995	4009.379	735.902	
	24	3071.286	-1665.262	227.032	-465.373	4736.548	692.405	
24	24	3072.287	-1665.408	227.032	-505.458	4737.695	732.490	
	25	3807.096	-1320.260	286.624	-390.779	5127.356	677.403	
25	25	3807.988	-1320.300	286.624	-442.567	5128.288	729.192	
	26	4180.282	-996.322	334.946	-326.711	5176.604	661.657	
26	26	4180.749	-996.322	334.946	-385.314	5177.071	720.260	
	27	4186.803	-1039.311	383.751	-265.508	5226.114	649.259	
27	27	4186.803	-1039.376	383.751	-336.411	5226.179	720.161	
	28	3825.728	-1379.712	440.581	-213.576	5205.440	654.156	
28	28	3825.728	-1379.712	440.581	-287.838	5205.440	728.419	
	29	3099.467	-1741.603	503.306	-167.089	4841.070	670.395	
29	29	3099.467	-1741.603	503.306	-228.289	4841.070	731.595	
	30	1978.896	-2151.117	577.758	-117.466	4130.013	695.224	
30	30	1978.896	-2151.117	577.758	-155.415	4130.013	733.172	
	31	852.232	-2720.405	663.576	-65.011	3572.637	728.587	
31	31	852.232	-2720.405	663.576	-112.272	3572.637	775.848	
	32	904.979	-3217.035	731.562	-91.683	4122.014	823.245	P3
32	32	904.979	-3217.035	731.562	-733.203	4122.014	1464.766	P3
	33	769.545	-2678.230	113.790	-650.270	3447.775	764.060	
33	33	769.781	-2678.927	113.790	-665.540	3448.708	779.330	
	34	1964.897	-2119.762	160.553	-550.275	4084.659	710.828	
34	34	1965.713	-2120.338	160.553	-580.244	4086.051	740.797	
	35	3092.821	-1718.005	228.965	-465.810	4810.826	694.775	
35	35	3093.747	-1718.115	228.965	-506.442	4811.862	735.407	
	36	3834.733	-1366.947	287.130	-391.994	5201.680	679.124	
36	36	3835.470	-1366.952	287.130	-444.225	5202.422	731.355	
	37	4217.714	-1037.525	334.258	-328.551	5255.239	662.809	
37	37	4218.174	-1037.525	334.258	-386.661	5255.699	720.919	
	38	4234.730	-1173.584	382.656	-267.547	5408.314	650.203	
38	38	4234.730	-1173.643	382.656	-338.044	5408.373	720.700	
	39	3884.613	-1554.386	438.694	-215.239	5438.999	653.933	
39	39	3884.613	-1554.386	438.694	-289.494	5438.999	728.188	
	40	3164.951	-1958.430	501.106	-168.579	5123.381	669.685	
40	40	3164.951	-1958.430	501.106	-229.786	5123.381	730.892	
	41	2041.682	-2398.237	575.546	-118.755	4439.919	694.301	
41	41	2041.682	-2398.237	575.546	-156.628	4439.919	732.174	
	42	709.324	-3024.227	661.489	-65.744	3733.551	727.232	
42	42	709.324	-3024.227	661.489	-114.373	3733.551	775.862	
	43	755.294	-3573.915	728.539	-93.280	4329.209	821.819	P4
43	43	757.448	-3577.349	728.539	-751.067	4334.797	1479.606	P4
	44	1049.270	-2466.384	123.785	-639.300	3515.654	763.086	
44	44	1050.609	-2467.328	123.785	-663.024	3517.937	786.810	
	45	2397.774	-2026.748	162.604	-555.634	4424.522	718.238	
45	45	2398.654	-2026.961	162.604	-591.935	4425.615	754.538	
	46	3622.552	-1735.506	226.277	-484.908	5358.058	711.185	
46	46	3623.546	-1735.601	226.277	-529.719	5359.147	755.996	
	47	4540.768	-1471.134	275.927	-421.258	6011.902	697.185	
47	47	4541.582	-1471.138	275.927	-474.024	6012.720	749.951	
	48	5119.633	-1224.906	316.930	-363.845	6344.539	680.775	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
48	48	5120.145	-1224.906	316.930	-420.552	6345.051	737.483	
	49	5336.335	-989.261	353.853	-308.653	6325.596	662.506	
49	49	5336.335	-989.261	353.853	-379.755	6325.596	733.608	
	50	5166.228	-759.486	393.079	-255.018	5925.714	648.096	
50	50	5166.228	-759.486	393.079	-334.762	5925.714	727.840	
	51	4499.438	-532.549	446.585	-203.364	5031.987	649.950	
51	51	4499.438	-532.549	446.585	-273.451	5031.987	720.036	
	52	3219.140	-304.859	519.593	-129.251	3523.999	648.843	
52	52	3219.140	-304.859	519.593	-171.404	3523.999	690.996	
	53	981.651	-74.966	642.514	-52.085	1056.617	694.599	
53	53	981.709	-74.966	656.267	-62.881	1056.675	719.148	
	54	15.735	-17.727	705.407	-49.720	33.462	755.128	P5

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	6.652	-6.760	56.767	-673.018	13.412	729.785	A1
	56	2176.027	-253.247	147.423	-487.624	2429.274	635.047	
55	56	2177.478	-253.384	147.423	-508.597	2430.862	656.021	
	57	3445.241	-536.396	290.268	-366.460	3981.637	656.727	
56	57	3445.241	-536.575	290.268	-444.852	3981.816	735.119	
	58	4128.650	-818.954	349.169	-301.929	4947.604	651.097	
57	58	4128.650	-819.152	349.169	-397.176	4947.802	746.345	
	59	4299.024	-1099.986	383.207	-252.811	5399.010	636.018	
58	59	4299.024	-1100.154	383.207	-358.720	5399.178	741.928	
	60	4026.026	-1378.120	429.263	-206.788	5404.146	636.050	
59	60	4026.047	-1378.260	429.263	-324.312	5404.307	753.575	
	61	3345.965	-1654.600	483.382	-171.933	5000.565	655.316	
60	61	3346.057	-1654.663	483.382	-285.925	5000.720	769.308	
	62	2322.190	-1939.419	539.366	-138.158	4261.609	677.524	
61	62	2322.267	-1939.419	539.366	-221.155	4261.686	760.521	
	63	1091.682	-2280.630	614.224	-75.571	3372.312	689.795	
62	63	1091.760	-2280.727	614.224	-120.898	3372.487	735.121	
	64	776.235	-2829.018	760.426	-38.104	3605.253	798.530	P1
63	64	776.235	-2829.877	760.426	-770.122	3606.112	1530.547	P1
	65	716.974	-2193.339	97.203	-657.624	2910.313	754.827	
64	65	716.983	-2193.339	97.203	-657.624	2910.322	754.827	
	66	1823.695	-1806.103	199.506	-497.413	3629.798	696.919	
65	66	1824.809	-1806.294	199.506	-552.310	3631.103	751.816	
	67	2823.431	-1508.646	274.333	-417.490	4332.077	691.824	
66	67	2823.431	-1508.646	274.333	-493.983	4332.077	768.316	
	68	3522.200	-1227.245	318.573	-354.622	4749.445	673.195	
67	68	3522.200	-1227.245	318.573	-444.589	4749.445	763.161	
	69	3894.345	-946.357	351.626	-299.122	4840.702	650.748	
68	69	3894.345	-946.357	351.626	-392.771	4840.702	744.397	
	70	3905.040	-1035.996	389.700	-246.989	4941.036	636.689	
69	70	3905.064	-1036.044	389.700	-353.735	4941.108	743.435	
	71	3552.988	-1349.181	441.457	-200.012	4902.169	641.469	
70	71	3553.098	-1349.193	441.457	-320.085	4902.291	761.542	
	72	2867.194	-1663.523	491.176	-166.926	4530.717	658.102	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
71	72	2867.274	-1663.523	491.176	-274.712	4530.797	765.888	
	73	1861.856	-1992.768	550.368	-129.182	3854.624	679.550	
72	73	1861.856	-1992.768	550.368	-196.084	3854.624	746.452	
	74	802.270	-2400.932	642.105	-70.642	3203.202	712.747	
73	74	802.270	-2401.079	654.792	-94.877	3203.349	749.668	
	75	786.558	-2839.583	767.893	-64.606	3626.141	832.500	P2
74	75	786.568	-2851.124	767.893	-769.261	3637.692	1537.154	P2
	76	748.057	-2297.324	95.769	-656.522	3045.381	752.291	
75	76	748.068	-2297.324	95.769	-656.522	3045.392	752.291	
	77	1816.394	-1901.239	198.871	-497.582	3717.633	696.454	
76	77	1817.582	-1901.483	198.871	-552.632	3719.065	751.503	
	78	2802.681	-1586.731	273.585	-417.097	4389.412	690.681	
77	78	2802.681	-1586.801	273.585	-493.400	4389.482	766.985	
	79	3481.079	-1286.723	318.956	-353.466	4767.802	672.422	
78	79	3481.079	-1286.723	318.956	-444.673	4767.802	763.630	
	80	3843.918	-988.247	351.453	-297.879	4832.165	649.332	
79	80	3843.918	-988.247	351.453	-392.224	4832.165	743.677	
	81	3849.781	-1031.541	390.514	-245.057	4881.322	635.570	
80	81	3849.830	-1031.667	390.514	-352.700	4881.497	743.214	
	82	3498.392	-1346.011	442.899	-198.447	4844.403	641.346	
81	82	3498.530	-1346.111	442.899	-320.015	4844.641	762.914	
	83	2827.514	-1662.149	491.694	-166.377	4489.663	658.071	
82	83	2827.624	-1662.158	491.694	-274.633	4489.782	766.327	
	84	1841.432	-1992.465	550.966	-130.189	3833.897	681.154	
83	84	1841.432	-1992.465	550.966	-198.305	3833.897	749.271	
	85	856.573	-2402.617	642.119	-73.141	3259.190	715.260	
84	85	856.573	-2402.758	654.311	-97.063	3259.331	751.374	
	86	878.032	-2844.828	767.871	-68.050	3722.860	835.921	P3
85	86	878.122	-2844.828	767.871	-768.745	3722.950	1536.616	P3
	87	778.301	-2358.567	98.674	-655.491	3136.868	754.165	
86	87	778.301	-2358.567	98.674	-655.491	3136.868	754.165	
	88	1827.999	-1957.646	203.667	-498.023	3785.645	701.690	
87	88	1829.057	-1957.786	203.667	-553.408	3786.843	757.075	
	89	2821.672	-1638.218	273.589	-418.414	4459.890	692.003	
88	89	2821.672	-1638.218	273.589	-494.807	4459.890	768.396	
	90	3509.509	-1333.120	318.373	-355.259	4842.629	673.633	
89	90	3509.509	-1333.120	318.373	-446.439	4842.629	764.812	
	91	3883.642	-1029.583	350.510	-299.826	4913.225	650.336	
90	91	3883.642	-1029.583	350.510	-394.291	4913.225	744.801	
	92	3902.136	-1167.243	388.975	-247.206	5069.379	636.180	
91	92	3902.197	-1167.395	388.975	-354.342	5069.592	743.316	
	93	3562.597	-1522.024	440.946	-200.564	5084.621	641.511	
92	93	3562.757	-1522.154	440.946	-321.873	5084.911	762.820	
	94	2899.239	-1878.855	489.257	-168.117	4778.094	657.373	
93	94	2899.362	-1878.901	489.257	-276.472	4778.263	765.728	
	95	1905.862	-2247.908	548.328	-131.753	4153.770	680.081	
94	95	1905.862	-2247.908	548.328	-199.316	4153.770	747.644	
	96	711.904	-2682.911	640.628	-73.811	3394.815	714.439	
95	96	712.051	-2683.095	656.546	-96.176	3395.146	752.722	
	97	722.660	-3127.068	769.286	-68.042	3849.728	837.328	P4

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	722.660	-3127.068	769.286	-770.011	3849.728	1539.298	P4
	98	1027.842	-2194.750	120.979	-615.564	3222.592	736.543	
97	98	1027.899	-2194.750	120.979	-631.498	3222.649	752.477	
	99	2211.432	-1903.840	216.245	-501.039	4115.272	717.284	
98	99	2211.432	-1904.025	216.245	-565.413	4115.457	781.657	
	100	3324.487	-1671.301	275.170	-439.838	4995.788	715.009	
99	100	3324.487	-1671.318	275.170	-518.638	4995.805	793.808	
	101	4198.555	-1447.181	307.248	-386.710	5645.736	693.958	
100	101	4198.555	-1447.181	307.248	-473.324	5645.736	780.572	
	102	4761.098	-1220.951	335.599	-332.962	5982.049	668.560	
101	102	4761.111	-1220.951	335.599	-424.415	5982.062	760.013	
	103	4952.138	-991.732	367.581	-281.380	5943.870	648.961	
102	103	4952.211	-991.732	367.581	-379.142	5943.943	746.723	
	104	4729.163	-761.239	409.095	-229.519	5490.402	638.615	
103	104	4729.271	-761.239	409.095	-346.291	5490.510	755.387	
	105	4038.873	-530.894	453.703	-186.899	4569.767	640.602	
104	105	4039.004	-530.894	453.703	-311.569	4569.898	765.272	
	106	2854.535	-301.173	499.277	-144.089	3155.708	643.366	
105	106	2854.711	-301.173	499.277	-222.285	3155.884	721.562	
	107	991.378	-72.135	598.586	-59.957	1063.513	658.543	
106	107	991.378	-72.241	665.435	-66.164	1063.619	731.599	
	108	12.154	-11.892	733.721	-47.576	24.046	781.297	P5

< Girder 3 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
107	109	1.110	-1.157	56.139	-660.732	2.267	716.871	A1
	110	2290.330	-248.903	112.372	-516.482	2539.233	628.854	
108	110	2290.330	-248.903	112.372	-529.588	2539.233	641.959	
	111	3714.722	-522.132	237.711	-398.880	4236.854	636.591	
109	111	3714.722	-522.132	237.711	-436.593	4236.854	674.303	
	112	4417.031	-796.789	315.968	-319.145	5213.820	635.112	
110	112	4417.031	-796.789	315.968	-374.362	5213.820	690.330	
	113	4545.209	-1076.461	370.577	-259.783	5621.670	630.361	
111	113	4545.209	-1076.461	370.577	-331.037	5621.670	701.614	
	114	4245.340	-1365.854	418.150	-211.562	5611.194	629.711	
112	114	4245.821	-1365.854	418.150	-284.946	5611.675	703.096	
	115	3525.129	-1672.549	480.077	-168.032	5197.678	648.109	
113	115	3525.723	-1672.576	480.077	-231.434	5198.299	711.510	
	116	2415.726	-2005.009	549.245	-117.728	4420.735	666.973	
114	116	2416.294	-2005.132	549.245	-166.264	4421.426	715.509	
	117	1086.020	-2462.041	625.567	-58.874	3548.061	684.441	
115	117	1087.195	-2462.814	625.567	-119.972	3550.009	745.539	
	118	786.332	-3088.674	714.225	-82.697	3875.006	796.921	P1
116	118	786.357	-3089.538	714.225	-709.958	3875.895	1424.183	P1
	119	687.604	-2426.209	117.120	-629.886	3113.813	747.006	
117	119	687.604	-2426.209	117.120	-648.502	3113.813	765.622	
	120	1878.286	-1913.221	154.610	-535.869	3791.507	690.478	
118	120	1878.286	-1913.221	154.610	-566.086	3791.507	720.696	
	121	2992.230	-1546.934	222.084	-454.160	4539.164	676.244	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
119	121	2992.230	-1546.934	222.084	-493.546	4539.164	715.630	
	122	3731.503	-1230.434	279.042	-381.407	4961.937	660.449	
120	122	3731.503	-1230.434	279.042	-431.013	4961.937	710.055	
	123	4104.554	-932.790	326.866	-317.986	5037.344	644.852	
121	123	4104.554	-932.838	326.866	-376.456	5037.392	703.321	
	124	4112.836	-1020.196	374.475	-258.334	5133.032	632.809	
122	124	4113.278	-1020.196	374.475	-328.622	5133.474	703.097	
	125	3756.600	-1348.929	428.135	-207.975	5105.529	636.110	
123	125	3757.308	-1348.951	428.135	-279.614	5106.259	707.749	
	126	3028.262	-1696.980	490.886	-160.993	4725.242	651.880	
124	126	3029.106	-1697.080	490.886	-222.115	4726.186	713.001	
	127	1917.062	-2072.788	563.719	-112.536	3989.850	676.255	
125	127	1917.695	-2073.295	563.719	-151.480	3990.990	715.199	
	128	787.477	-2616.299	646.401	-62.896	3403.776	709.297	
126	128	787.675	-2617.076	646.401	-111.465	3404.751	757.865	
	129	796.604	-3091.578	708.642	-89.458	3888.182	798.099	P2
127	129	796.604	-3121.315	708.642	-710.034	3917.919	1418.676	P2
	130	723.276	-2518.071	112.679	-629.661	3241.347	742.340	
128	130	723.276	-2518.071	112.679	-648.293	3241.347	760.972	
	131	1867.821	-1989.878	154.376	-535.467	3857.699	689.843	
129	131	1867.821	-1989.878	154.376	-566.025	3857.699	720.401	
	132	2960.190	-1621.614	222.136	-453.422	4581.804	675.558	
130	132	2960.190	-1621.614	222.136	-493.186	4581.804	715.321	
	133	3678.348	-1288.119	279.399	-380.419	4966.467	659.818	
131	133	3678.348	-1288.119	279.399	-431.170	4966.467	710.569	
	134	4040.869	-973.823	326.674	-317.319	5014.692	643.993	
132	134	4040.869	-973.856	326.674	-376.260	5014.725	702.934	
	135	4046.096	-1016.043	374.738	-257.393	5062.139	632.131	
133	135	4046.419	-1016.043	374.738	-328.054	5062.462	702.792	
	136	3694.222	-1346.138	429.271	-207.101	5040.360	636.372	
134	136	3694.884	-1346.144	429.271	-280.458	5041.028	709.729	
	137	2984.708	-1696.018	491.139	-161.492	4680.726	652.632	
135	137	2985.457	-1696.099	491.139	-223.214	4681.556	714.354	
	138	1896.044	-2076.322	563.951	-114.360	3972.366	678.311	
136	138	1896.705	-2076.834	563.951	-153.892	3973.539	717.843	
	139	841.464	-2624.888	646.465	-65.256	3466.352	711.721	
137	139	841.638	-2625.582	646.465	-113.493	3467.220	759.958	
	140	884.373	-3104.456	709.044	-91.885	3988.829	800.929	P3
138	140	884.425	-3105.441	709.044	-710.233	3989.866	1419.276	P3
	141	758.827	-2586.217	115.656	-629.269	3345.044	744.925	
139	141	758.827	-2586.217	115.656	-648.232	3345.044	763.888	
	142	1883.604	-2046.986	159.106	-535.338	3930.590	694.444	
140	142	1883.604	-2046.986	159.106	-566.407	3930.590	725.513	
	143	2979.953	-1672.920	224.255	-453.967	4652.873	678.222	
141	143	2979.953	-1672.920	224.255	-494.311	4652.873	718.566	
	144	3704.827	-1333.515	279.918	-381.778	5038.342	661.696	
142	144	3704.827	-1333.521	279.918	-432.823	5038.348	712.741	
	145	4077.064	-1013.789	325.968	-319.147	5090.853	645.115	
143	145	4077.064	-1013.853	325.968	-377.567	5090.917	703.534	
	146	4092.621	-1146.599	373.680	-259.394	5239.220	633.074	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
144	146	4093.017	-1146.599	373.680	-329.596	5239.616	703.276	
	147	3751.061	-1514.852	427.474	-208.619	5265.913	636.093	
145	147	3751.723	-1514.859	427.474	-281.856	5266.582	709.330	
	148	3046.464	-1902.628	489.224	-162.915	4949.092	652.139	
146	148	3047.293	-1902.709	489.224	-224.470	4950.002	713.694	
	149	1953.175	-2319.292	562.100	-115.430	4272.467	677.530	
147	149	1953.744	-2319.474	562.100	-154.916	4273.218	717.016	
	150	685.357	-2899.793	644.897	-66.274	3585.150	711.172	
148	150	685.595	-2900.542	644.897	-116.368	3586.137	761.265	
	151	740.899	-3426.023	706.428	-94.450	4166.922	800.877	P4
149	151	740.899	-3427.315	706.428	-728.270	4168.214	1434.698	P4
	152	1018.492	-2388.665	124.937	-618.856	3407.157	743.793	
150	152	1018.492	-2388.665	124.937	-645.368	3407.157	770.305	
	153	2307.157	-1973.686	160.502	-539.668	4280.843	700.170	
151	153	2307.157	-1973.686	160.502	-576.508	4280.843	737.010	
	154	3491.764	-1689.999	221.134	-470.881	5181.763	692.015	
152	154	3491.764	-1689.999	221.134	-515.728	5181.763	736.862	
	155	4377.759	-1432.650	269.389	-408.851	5810.409	678.240	
153	155	4377.759	-1432.661	269.389	-460.973	5810.420	730.362	
	156	4932.666	-1192.585	310.043	-352.588	6125.251	662.630	
154	156	4932.666	-1192.645	310.043	-408.404	6125.311	718.447	
	157	5135.703	-962.196	346.444	-298.431	6097.899	644.875	
155	157	5136.028	-962.278	346.444	-369.280	6098.306	715.725	
	158	4963.927	-736.704	384.129	-246.692	5700.631	630.820	
156	158	4964.584	-736.798	384.129	-324.410	5701.382	708.538	
	159	4312.746	-513.333	436.800	-195.379	4826.079	632.180	
157	159	4313.536	-513.432	436.800	-265.473	4826.968	702.274	
	160	3074.974	-290.153	507.517	-124.596	3365.127	632.113	
158	160	3075.773	-290.246	507.517	-168.412	3366.019	675.930	
	161	927.282	-66.740	624.690	-51.440	994.022	676.129	
159	161	927.382	-66.851	627.337	-59.022	994.233	686.359	
	162	0.352	-0.631	677.978	-45.275	0.983	723.254	P5

< DL 하중 >

< Girder 1 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	10.546	-12.828	82.214	-657.464	23.375	739.678	A1
	2	2177.526	-352.551	142.934	-527.035	2530.077	669.968	
2	2	2178.480	-352.637	142.934	-527.035	2531.117	669.968	
	3	3696.041	-716.589	216.496	-394.402	4412.630	610.899	
3	3	3697.191	-716.716	216.496	-396.880	4413.907	613.376	
	4	4532.575	-1082.591	272.821	-300.621	5615.166	573.442	
4	4	4533.378	-1082.747	272.821	-323.596	5616.125	596.417	
	5	4808.455	-1457.326	327.389	-234.123	6265.781	561.513	
5	5	4808.599	-1457.422	327.389	-272.415	6266.021	599.804	
	6	4569.845	-1845.807	400.606	-181.790	6415.652	582.396	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
6	6	4569.845	-1845.834	400.606	-230.269	6415.679	630.875	
	7	3818.964	-2256.710	487.798	-143.997	6075.674	631.795	
7	7	3818.964	-2256.710	493.873	-185.983	6075.674	679.856	
	8	2553.326	-2715.732	595.033	-106.948	5269.058	701.981	
8	8	2553.326	-2715.928	615.484	-139.004	5269.254	754.488	
	9	1425.832	-4259.980	724.459	-71.555	5685.812	796.014	
9	9	1425.832	-4260.592	762.555	-129.879	5686.424	892.435	
	10	1045.821	-7284.186	885.263	-96.809	8330.007	982.072	P1
10	10	1045.821	-7284.186	885.263	-914.008	8330.007	1799.271	P1
	11	1034.435	-4954.338	176.657	-826.182	5988.773	1002.839	
11	11	1034.484	-4954.338	176.657	-826.182	5988.822	1002.839	
	12	1640.180	-2751.064	170.853	-672.379	4391.244	843.232	
12	12	1640.389	-2751.064	170.853	-672.379	4391.453	843.232	
	13	2661.420	-1869.668	216.804	-543.900	4531.088	760.704	
13	13	2662.702	-1869.893	216.804	-543.900	4532.595	760.704	
	14	3763.082	-1920.211	259.920	-436.284	5683.293	696.204	
14	14	3763.883	-1920.317	259.920	-444.880	5684.200	704.799	
	15	4354.034	-1996.922	306.460	-350.859	6350.956	657.319	
15	15	4354.311	-1996.932	306.460	-371.616	6351.243	678.076	
	16	4451.545	-2093.412	367.939	-281.561	6544.957	649.500	
16	16	4451.545	-2093.412	367.939	-309.856	6544.957	677.795	
	17	4055.449	-2209.912	441.046	-224.780	6265.361	665.825	
17	17	4055.449	-2209.912	441.046	-262.196	6265.361	703.241	
	18	3150.744	-2376.996	530.534	-182.722	5527.740	713.257	
18	18	3150.744	-2376.996	540.753	-219.739	5527.740	760.492	
	19	2162.127	-3200.196	644.407	-147.695	5362.323	792.102	
19	19	2162.127	-3200.910	669.990	-175.184	5363.037	845.173	
	20	1573.570	-5377.914	783.210	-119.526	6951.484	902.736	
20	20	1573.570	-5378.420	824.159	-172.280	6951.990	996.438	
	21	1591.311	-7704.928	911.879	-146.918	9296.239	1058.797	P2
21	21	1595.535	-7713.119	911.879	-925.969	9308.654	1837.848	P2
	22	1536.880	-5338.399	180.659	-838.155	6875.279	1018.814	
22	22	1536.965	-5338.399	180.659	-838.155	6875.364	1018.814	
	23	2061.750	-3061.697	182.890	-683.760	5123.447	866.651	
23	23	2061.984	-3061.697	182.890	-683.760	5123.681	866.651	
	24	2975.093	-2077.278	227.258	-554.230	5052.371	781.488	
24	24	2976.403	-2077.511	227.258	-554.230	5053.914	781.488	
	25	4003.262	-2048.840	269.486	-446.411	6052.102	715.897	
25	25	4004.316	-2049.042	269.486	-455.758	6053.358	725.244	
	26	4532.615	-2048.942	315.285	-361.251	6581.557	676.535	
26	26	4532.998	-2049.022	315.285	-382.402	6582.020	697.687	
	27	4572.866	-2068.905	376.968	-291.752	6641.771	668.720	
27	27	4572.866	-2068.905	376.968	-320.430	6641.771	697.397	
	28	4123.739	-2108.896	450.082	-235.019	6232.635	685.100	
28	28	4123.739	-2108.896	450.082	-273.884	6232.635	723.966	
	29	3175.866	-2177.415	538.583	-194.096	5353.281	732.679	
29	29	3175.866	-2177.415	548.142	-231.666	5353.281	779.809	
	30	2273.140	-3115.141	651.840	-159.316	5388.281	811.156	
30	30	2273.140	-3115.919	677.401	-187.443	5389.059	864.844	
	31	1768.897	-5348.768	790.628	-132.236	7117.665	922.864	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
31	31	1768.897	-5349.237	831.599	-184.986	7118.134	1016.585	
	32	1851.170	-7700.629	919.865	-159.059	9551.799	1078.924	P3
32	32	1851.631	-7700.629	919.865	-913.016	9552.260	1832.881	P3
	33	1724.527	-5373.833	194.662	-824.886	7098.360	1019.548	
33	33	1724.527	-5373.833	194.662	-824.886	7098.360	1019.548	
	34	2192.485	-3170.036	196.840	-670.408	5362.521	867.247	
34	34	2192.617	-3170.036	196.840	-670.408	5362.653	867.247	
	35	3052.985	-2289.250	240.817	-541.081	5342.235	781.898	
35	35	3054.178	-2289.401	240.817	-541.081	5343.579	781.898	
	36	3977.548	-2280.041	282.700	-433.382	6257.589	716.081	
36	36	3978.371	-2280.199	282.700	-442.596	6258.570	725.296	
	37	4404.685	-2313.994	326.898	-348.109	6718.679	675.007	
37	37	4404.981	-2314.056	326.898	-368.862	6719.037	695.760	
	38	4342.782	-2368.679	388.332	-278.169	6711.461	666.501	
38	38	4342.782	-2368.679	388.332	-306.224	6711.461	694.556	
	39	3790.153	-2445.288	461.434	-220.700	6235.441	682.134	
39	39	3790.153	-2445.288	461.434	-258.344	6235.441	719.778	
	40	2732.415	-2553.573	550.641	-178.361	5285.988	729.003	
40	40	2732.415	-2553.573	562.020	-214.521	5285.988	776.541	
	41	1669.310	-3469.273	665.672	-141.914	5138.583	807.587	
41	41	1669.310	-3469.944	694.679	-167.767	5139.254	862.446	
	42	997.934	-5771.043	807.964	-115.508	6768.977	923.472	
42	42	997.936	-5771.479	853.658	-177.240	6769.415	1030.898	
	43	963.624	-8205.708	941.944	-153.341	9169.332	1095.285	P4
43	43	970.424	-8211.553	941.944	-953.045	9181.977	1894.989	P4
	44	1327.758	-4846.702	133.306	-831.456	6174.460	964.762	
44	44	1328.290	-4846.702	133.306	-831.456	6174.992	964.762	
	45	2356.818	-2839.798	132.461	-679.205	5196.616	811.666	
45	45	2357.610	-2839.798	132.461	-679.205	5197.408	811.666	
	46	3828.808	-2262.209	175.683	-554.999	6091.017	730.683	
46	46	3830.490	-2262.368	175.683	-554.999	6092.858	730.683	
	47	4942.647	-1919.764	215.496	-450.471	6862.411	665.967	
47	47	4943.801	-1919.807	215.496	-459.195	6863.608	674.690	
	48	5568.395	-1599.037	252.529	-365.500	7167.432	618.029	
48	48	5568.925	-1599.037	252.529	-386.065	7167.962	638.595	
	49	5725.248	-1291.247	289.610	-295.064	7016.495	584.674	
49	49	5725.248	-1291.247	289.610	-322.879	7016.495	612.489	
	50	5407.115	-990.747	341.321	-234.299	6397.862	575.620	
50	50	5407.115	-990.747	341.321	-275.123	6397.862	616.444	
	51	4576.503	-693.383	406.225	-180.798	5269.886	587.022	
51	51	4576.503	-693.383	406.225	-223.966	5269.886	630.191	
	52	3139.838	-397.154	498.589	-136.856	3536.992	635.445	
52	52	3139.838	-397.154	507.562	-162.151	3536.992	669.713	
	53	904.191	-98.641	637.413	-77.952	1002.832	715.365	
53	53	904.191	-98.641	685.602	-91.058	1002.832	776.659	
	54	14.753	-20.655	731.765	-70.713	35.407	802.478	P5

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	6.493	-6.558	79.366	-637.507	13.050	716.873	A1
	56	1997.929	-331.496	172.185	-493.175	2329.425	665.359	
55	56	1997.929	-331.710	172.185	-493.175	2329.639	665.359	
	57	3331.846	-705.121	257.596	-366.162	4036.967	623.758	
56	57	3331.846	-705.386	257.596	-388.454	4037.232	646.050	
	58	4112.806	-1077.927	298.403	-285.724	5190.733	584.127	
57	58	4112.806	-1078.211	298.403	-333.096	5191.017	631.499	
	59	4410.517	-1450.529	335.602	-223.272	5861.046	558.874	
58	59	4410.517	-1450.529	335.602	-287.406	5861.046	623.008	
	60	4230.013	-1839.956	388.827	-179.033	6069.969	567.860	
59	60	4230.030	-1839.956	388.827	-257.481	6069.986	646.308	
	61	3586.190	-2233.787	452.363	-146.149	5819.977	598.512	
60	61	3586.248	-2233.815	452.363	-226.502	5820.063	678.865	
	62	2473.899	-2647.898	533.006	-120.807	5121.797	653.813	
61	62	2473.990	-2647.910	548.155	-179.815	5121.900	727.970	
	63	1404.050	-3786.974	655.906	-80.307	5191.024	736.213	
62	63	1404.050	-3786.974	734.984	-117.538	5191.024	852.523	
	64	1012.547	-6507.129	876.282	-44.424	7519.676	920.707	P1
63	64	1012.547	-6508.959	876.282	-927.270	7521.506	1803.553	P1
	65	1003.924	-4306.188	145.401	-825.033	5310.112	970.434	
64	65	1004.028	-4306.587	145.401	-825.033	5310.615	970.434	
	66	1520.363	-2457.837	201.674	-609.322	3978.200	810.997	
65	66	1520.363	-2458.108	201.674	-609.322	3978.471	810.997	
	67	2467.451	-1851.050	252.882	-486.904	4318.501	739.786	
66	67	2467.451	-1851.050	252.882	-493.494	4318.501	746.376	
	68	3471.653	-1902.452	286.114	-397.340	5374.105	683.455	
67	68	3471.653	-1902.452	286.114	-428.660	5374.105	714.774	
	69	4030.936	-1989.919	321.256	-325.158	6020.855	646.415	
68	69	4030.936	-1989.919	321.256	-372.148	6020.855	693.404	
	70	4135.692	-2087.104	368.416	-263.751	6222.796	632.167	
69	70	4135.713	-2087.104	368.416	-324.325	6222.817	692.741	
	71	3784.546	-2190.712	424.451	-217.746	5975.258	642.197	
70	71	3784.610	-2190.913	424.451	-287.393	5975.523	711.844	
	72	2987.446	-2348.141	489.203	-185.573	5335.587	674.776	
71	72	2987.556	-2348.179	489.203	-253.192	5335.735	742.395	
	73	2063.885	-2967.219	579.268	-157.062	5031.104	736.330	
72	73	2063.948	-2967.219	604.207	-201.408	5031.167	805.615	
	74	1543.156	-4750.060	720.753	-116.042	6293.216	836.795	
73	74	1543.156	-4750.060	818.814	-144.368	6293.216	963.182	
	75	1529.898	-6915.745	921.235	-104.400	8445.643	1025.635	P2
74	75	1529.898	-6916.295	921.235	-935.520	8446.193	1856.754	P2
	76	1496.380	-4680.619	151.535	-833.223	6176.999	984.757	
75	76	1496.428	-4681.118	151.535	-833.223	6177.546	984.757	
	77	1953.985	-2790.833	208.765	-620.203	4744.818	828.968	
76	77	1953.985	-2791.198	208.765	-620.203	4745.183	828.968	
	78	2819.919	-2055.093	260.105	-497.893	4875.012	757.997	
77	78	2819.919	-2055.093	260.105	-503.454	4875.012	763.558	
	79	3755.201	-2029.638	294.245	-407.956	5784.839	702.201	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
78	79	3755.201	-2029.638	294.245	-439.204	5784.839	733.449	
	80	4250.993	-2043.918	329.469	-335.909	6294.911	665.378	
79	80	4250.993	-2044.016	329.469	-382.407	6295.009	711.875	
	81	4292.809	-2063.647	377.181	-274.305	6356.456	651.486	
80	81	4292.851	-2063.753	377.181	-334.351	6356.604	711.532	
	82	3880.728	-2090.276	433.673	-227.062	5971.004	660.736	
81	82	3880.843	-2090.388	433.673	-298.330	5971.231	732.003	
	83	3028.251	-2155.616	497.730	-196.119	5183.867	693.849	
82	83	3028.406	-2155.739	497.730	-264.024	5184.145	761.754	
	84	2175.744	-2855.239	588.708	-167.776	5030.983	756.484	
83	84	2175.784	-2855.239	613.674	-212.939	5031.023	826.613	
	85	1746.628	-4703.573	729.062	-128.582	6450.201	857.644	
84	85	1746.628	-4703.573	827.332	-156.868	6450.201	984.200	
	86	1787.398	-6906.344	930.136	-117.779	8693.742	1047.914	P3
85	86	1787.497	-6906.344	930.136	-922.278	8693.841	1852.414	P3
	87	1695.901	-4724.724	165.562	-819.622	6420.625	985.184	
86	87	1695.901	-4725.112	165.562	-819.622	6421.013	985.184	
	88	2087.112	-2911.190	222.785	-605.856	4998.302	828.641	
87	88	2087.112	-2911.487	222.785	-605.856	4998.599	828.641	
	89	2896.734	-2262.826	272.926	-483.721	5159.560	756.647	
88	89	2896.734	-2262.826	272.926	-490.551	5159.560	763.477	
	90	3722.610	-2259.706	306.637	-393.808	5982.316	700.445	
89	90	3722.610	-2259.706	306.637	-426.235	5982.316	732.873	
	91	4109.752	-2311.177	340.469	-321.659	6420.929	662.129	
90	91	4109.752	-2311.177	340.469	-369.359	6420.929	709.828	
	92	4043.981	-2364.773	387.756	-259.837	6408.754	647.593	
91	92	4044.042	-2364.773	387.756	-321.140	6408.815	708.897	
	93	3523.566	-2427.603	443.731	-213.711	5951.169	657.441	
92	93	3523.659	-2427.869	443.731	-285.250	5951.528	728.980	
	94	2561.991	-2534.339	507.193	-182.363	5096.330	689.556	
93	94	2562.136	-2534.515	507.193	-250.353	5096.651	757.546	
	95	1555.864	-3191.160	598.701	-153.837	4747.024	752.538	
94	95	1555.948	-3191.160	624.291	-197.111	4747.108	821.402	
	96	956.845	-5086.668	739.228	-111.642	6043.513	850.870	
95	96	956.941	-5086.668	840.287	-137.634	6043.609	977.921	
	97	914.438	-7298.958	942.697	-98.644	8213.396	1041.341	P4
96	97	914.438	-7298.958	942.697	-926.972	8213.396	1869.669	P4
	98	1299.224	-4250.947	112.922	-786.406	5550.171	899.328	
97	98	1299.382	-4251.376	112.922	-786.406	5550.758	899.328	
	99	2262.820	-2666.179	173.270	-607.635	4928.999	780.905	
98	99	2262.820	-2666.179	173.270	-607.635	4928.999	780.905	
	100	3648.838	-2243.263	216.236	-499.026	5892.101	715.261	
99	100	3648.838	-2243.263	216.236	-506.858	5892.101	723.094	
	101	4666.920	-1920.353	242.184	-413.482	6587.273	655.666	
100	101	4666.920	-1920.364	242.184	-439.864	6587.284	682.047	
	102	5247.416	-1599.922	266.386	-339.447	6847.338	605.832	
101	102	5247.450	-1600.002	266.386	-380.384	6847.452	646.769	
	103	5367.626	-1296.292	300.126	-273.335	6663.918	573.462	
102	103	5367.687	-1296.292	300.126	-328.312	6663.979	628.439	
	104	5013.119	-995.043	349.117	-220.468	6008.162	569.585	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
103	104	5013.256	-995.043	349.117	-290.760	6008.299	639.876	
	105	4184.221	-694.395	404.692	-179.729	4878.616	584.420	
104	105	4184.435	-694.401	404.692	-261.698	4878.836	666.390	
	106	2861.134	-395.666	472.149	-149.758	3256.800	621.907	
105	106	2861.428	-395.722	472.149	-200.415	3257.150	672.564	
	107	902.260	-98.296	589.727	-85.351	1000.556	675.078	
106	107	902.260	-98.516	685.257	-91.330	1000.776	776.587	
	108	13.556	-12.559	743.784	-67.515	26.115	811.299	P5

< Girder 3 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
107	109	1.154	-1.284	78.502	-630.421	2.439	708.924	A1
	110	2052.548	-335.976	139.124	-503.677	2388.524	642.801	
108	110	2052.548	-335.976	139.124	-503.677	2388.524	642.801	
	111	3504.406	-699.743	210.084	-382.017	4204.149	592.101	
109	111	3504.406	-699.743	210.084	-386.590	4204.149	596.674	
	112	4310.914	-1064.581	264.430	-292.284	5375.495	556.714	
110	112	4310.914	-1064.581	264.430	-315.121	5375.495	579.551	
	113	4580.195	-1448.174	317.901	-227.366	6028.369	545.267	
111	113	4580.195	-1448.174	317.901	-266.060	6028.369	583.962	
	114	4356.940	-1833.628	387.782	-176.129	6190.568	563.911	
112	114	4357.311	-1833.628	387.782	-224.623	6190.939	612.405	
	115	3643.524	-2239.592	472.279	-139.468	5883.116	611.747	
113	115	3644.306	-2239.610	477.292	-181.667	5883.916	658.959	
	116	2435.484	-2682.049	576.149	-103.437	5117.533	679.586	
114	116	2436.028	-2682.049	594.972	-137.477	5118.077	732.450	
	117	1361.221	-4052.634	701.107	-71.311	5413.855	772.418	
115	117	1361.477	-4052.634	735.903	-130.629	5414.111	866.533	
	118	1021.782	-6942.826	854.863	-99.251	7964.608	954.114	P1
116	118	1021.802	-6942.826	854.863	-883.615	7964.628	1738.478	P1
	119	987.904	-4712.887	180.228	-798.479	5700.791	978.707	
117	119	987.904	-4713.374	180.228	-798.479	5701.278	978.707	
	120	1559.899	-2606.437	170.466	-650.626	4166.336	821.092	
118	120	1559.899	-2607.106	170.466	-650.626	4167.005	821.092	
	121	2553.328	-1858.751	211.110	-526.478	4412.079	737.588	
119	121	2553.328	-1858.774	211.110	-526.478	4412.102	737.588	
	122	3607.805	-1897.876	252.138	-422.075	5505.681	674.213	
120	122	3607.805	-1897.876	252.138	-431.053	5505.681	683.192	
	123	4172.112	-1948.455	296.863	-339.004	6120.567	635.867	
121	123	4172.112	-1948.455	296.863	-360.005	6120.567	656.867	
	124	4263.892	-2052.106	356.597	-271.774	6315.998	628.372	
122	124	4264.265	-2052.183	356.597	-300.108	6316.448	656.705	
	125	3884.328	-2187.525	427.502	-216.610	6071.853	644.112	
123	125	3885.178	-2187.664	427.502	-254.226	6072.842	681.728	
	126	3017.252	-2366.340	514.513	-176.079	5383.592	690.592	
124	126	3018.496	-2366.493	523.885	-213.930	5384.989	737.815	
	127	2057.998	-3063.997	624.999	-142.900	5121.995	767.899	
125	127	2058.214	-3063.997	648.946	-172.565	5122.211	821.511	
	128	1518.005	-5129.925	759.109	-118.968	6647.930	878.077	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
126	128	1518.005	-5129.925	797.379	-172.912	6647.930	970.291	
	129	1549.514	-7362.112	882.743	-151.028	8911.626	1033.772	P2
127	129	1549.514	-7362.112	882.743	-895.450	8911.626	1778.193	P2
	130	1467.908	-5083.074	181.757	-810.223	6550.982	991.980	
128	130	1467.913	-5083.592	181.757	-810.223	6551.505	991.980	
	131	1959.021	-2904.559	179.684	-661.827	4863.580	841.512	
129	131	1959.021	-2905.293	179.684	-661.827	4864.314	841.512	
	132	2853.253	-2070.355	221.027	-536.736	4923.608	757.763	
130	132	2853.253	-2070.355	221.027	-536.736	4923.608	757.763	
	133	3839.524	-2028.641	261.251	-431.919	5868.165	693.170	
131	133	3839.524	-2028.641	261.251	-441.471	5868.165	702.722	
	134	4344.554	-2007.374	305.320	-348.951	6351.928	654.271	
132	134	4344.554	-2007.374	305.320	-370.321	6351.928	675.641	
	135	4381.612	-2029.161	365.201	-281.498	6410.773	646.699	
133	135	4381.839	-2029.205	365.201	-310.179	6411.044	675.380	
	136	3950.726	-2090.195	436.145	-226.328	6040.921	662.474	
134	136	3951.491	-2090.310	436.145	-265.446	6041.801	701.591	
	137	3040.190	-2174.101	522.358	-186.999	5214.291	709.358	
135	137	3041.289	-2174.272	531.168	-225.348	5215.561	756.516	
	138	2159.537	-2960.940	632.390	-154.046	5120.477	786.437	
136	138	2159.752	-2960.940	656.395	-184.388	5120.692	840.782	
	139	1716.501	-5101.789	766.531	-131.794	6818.290	898.326	
137	139	1716.501	-5101.789	805.290	-185.971	6818.290	991.261	
	140	1801.953	-7359.591	890.873	-163.575	9161.544	1054.448	P3
138	140	1801.973	-7359.633	890.873	-884.092	9161.606	1774.965	P3
	141	1664.902	-5124.763	196.512	-798.555	6789.665	995.068	
139	141	1664.903	-5125.284	196.512	-798.555	6790.187	995.068	
	142	2083.142	-3011.423	194.352	-649.733	5094.565	844.085	
140	142	2083.142	-3012.145	194.352	-649.733	5095.287	844.085	
	143	2926.667	-2281.640	234.304	-524.514	5208.307	758.818	
141	143	2926.667	-2281.640	234.304	-524.514	5208.307	758.818	
	144	3814.555	-2254.126	273.961	-419.775	6068.681	693.736	
142	144	3814.555	-2254.126	273.961	-429.099	6068.681	703.060	
	145	4223.363	-2262.323	316.401	-336.594	6485.686	652.995	
143	145	4223.363	-2262.323	316.401	-357.538	6485.686	673.939	
	146	4164.100	-2324.510	375.993	-268.681	6488.610	644.674	
144	146	4164.473	-2324.606	375.993	-296.644	6489.079	672.637	
	147	3635.079	-2417.991	446.835	-212.651	6053.070	659.486	
145	147	3635.928	-2418.158	446.835	-250.454	6054.086	697.289	
	148	2620.009	-2538.928	533.575	-171.841	5158.937	705.416	
146	148	2621.303	-2539.216	543.889	-208.644	5160.519	752.534	
	149	1585.825	-3309.913	645.091	-137.092	4895.738	782.183	
147	149	1585.875	-3309.913	672.055	-165.713	4895.788	837.768	
	150	948.937	-5484.810	782.218	-116.657	6433.747	898.875	
148	150	948.937	-5484.810	825.492	-181.397	6433.747	1006.890	
	151	939.499	-7817.768	910.997	-159.479	8757.267	1070.477	P4
149	151	939.499	-7817.983	910.997	-920.782	8757.482	1831.780	P4
	152	1266.568	-4599.300	134.733	-802.884	5865.868	937.617	
150	152	1266.568	-4600.049	134.733	-802.884	5866.617	937.617	
	153	2252.533	-2759.325	130.802	-656.017	5011.858	786.819	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
151	153	2252.533	-2760.330	130.802	-656.017	5012.863	786.819	
	154	3667.574	-2250.361	171.578	-535.875	5917.935	707.453	
152	154	3667.574	-2250.361	171.578	-535.875	5917.935	707.453	
	155	4726.110	-1913.612	210.121	-434.879	6639.722	645.000	
153	155	4726.110	-1913.612	210.121	-444.237	6639.722	654.358	
	156	5318.330	-1585.337	246.615	-352.681	6903.667	599.296	
154	156	5318.330	-1585.374	246.615	-373.489	6903.704	620.104	
	157	5462.069	-1280.824	283.197	-284.501	6742.893	567.698	
155	157	5462.298	-1280.954	283.197	-312.405	6743.252	595.603	
	158	5150.861	-969.449	332.456	-225.614	6120.310	558.070	
156	158	5151.741	-969.527	332.456	-266.788	6121.268	599.245	
	159	4349.424	-675.981	395.769	-174.276	5025.405	570.045	
157	159	4350.746	-676.024	395.769	-217.410	5026.770	613.179	
	160	2974.347	-381.544	484.438	-131.777	3355.891	616.215	
158	160	2975.826	-381.544	488.515	-157.689	3357.370	646.204	
	161	853.859	-93.137	614.970	-75.987	946.996	690.957	
159	161	854.686	-93.189	649.258	-82.821	947.875	732.078	
	162	0.462	-0.830	694.509	-64.197	1.291	758.706	P5

4.4 바. 부재력 요약

1. 단면 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	884.515	2238.107	756.428	1519.221	68.629	5466.901	절점 52 에서 3.99 M
G2	928.009	2291.514	680.701	1441.999	72.363	5414.585	절점 106 에서 3.97 M
G3	859.756	2108.634	858.825	1445.340	67.572	5340.129	절점 160 에서 3.94 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	336.174	840.980	274.401	609.516	28.341	2089.412	절점 52 에서 3.99 M
G2	333.224	826.952	278.865	563.036	28.532	2030.609	절점 106 에서 3.97 M
G3	334.424	821.965	305.656	591.628	28.030	2081.703	절점 160 에서 3.94 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	18.740	163.021	123.350	905.343	5.997	1216.450	절점 52 에서 3.99 M
G2	51.633	238.050	-99.848	1224.868	5.635	1420.337	절점 106 에서 3.97 M
G3	109.793	353.630	-252.693	856.846	4.323	1071.898	절점 160 에서 3.94 M

2. 단면 - 2

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3080.728	7589.353	2501.039	4423.510	305.125	17899.754	절점 51 에서 0.62 M
G2	3081.234	7511.701	2544.984	4041.678	309.345	17488.941	절점 105 에서 0.62 M
G3	3030.028	7322.976	2735.985	4205.977	299.312	17594.277	절점 159 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	187.672	442.278	143.896	410.643	28.297	1212.786	절점 51 에서 0.62 M
G2	183.581	432.572	171.300	387.503	28.591	1203.548	절점 105 에서 0.62 M
G3	189.327	442.729	150.276	400.498	28.133	1210.963	절점 159 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	20.226	120.693	53.175	846.574	4.140	1044.808	절점 51 에서 0.62 M
G2	49.458	198.662	-86.244	1109.059	5.334	1276.269	절점 105 에서 0.62 M
G3	88.722	272.172	-138.247	780.986	3.089	1006.722	절점 159 에서 0.62 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	3890.754	9451.488	3132.956	5687.934	568.478	22731.610	절점 49 에서 1.25 M
G2	3854.168	9274.446	3257.974	5367.687	611.219	22365.494	절점 103 에서 0.00 M
G3	3840.576	9186.109	3388.188	5425.576	558.705	22399.154	절점 157 에서 1.23 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-5.511	-25.298	-4.929	-347.095	-28.125	-410.958	절점 49 에서 1.25 M
G2	-27.452	-78.528	-9.685	-379.142	-28.728	-523.534	절점 103 에서 0.00 M
G3	-4.532	-21.980	-8.346	-336.980	-28.096	-399.935	절점 157 에서 1.23 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	6.545	27.490	6.845	506.476	3.539	550.895	절점 49 에서 1.25 M
G2	10.474	31.960	-23.697	529.827	5.503	554.067	절점 103 에서 0.00 M
G3	21.017	63.063	-26.944	389.906	4.027	451.070	절점 157 에서 1.23 M

4. 단면 - 4

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1853.766	4374.080	1546.498	4434.628	949.322	13158.294	절점 46 에서 2.49 M
G2	1861.798	4342.997	1547.681	4193.756	967.008	12913.240	절점 100 에서 2.48 M
G3	1832.032	4229.753	1722.921	4243.057	943.899	12971.662	절점 154 에서 2.46 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-288.813	-710.114	-222.752	-496.861	-27.281	-1745.820	절점 46 에서 2.49 M
G2	-286.394	-700.200	-245.094	-456.940	-28.768	-1717.396	절점 100 에서 2.48 M
G3	-288.252	-699.786	-240.418	-480.199	-29.025	-1737.680	절점 154 에서 2.46 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-15.889	-107.621	-43.833	-689.108	-7.204	-863.655	절점 46 에서 2.49 M
G2	-47.682	-192.774	70.600	-868.942	-12.455	-1051.253	절점 100 에서 2.48 M
G3	-65.818	-211.346	125.119	-628.227	-7.869	-788.141	절점 154 에서 2.46 M

5. 단면 - 5

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2074.861	-5165.425	-1482.700	-3284.699	-858.380	-12866.064	절점 40 에서 4.36 M
G2	-2033.446	-5044.990	-1646.432	-3048.600	-887.076	-12660.543	절점 94 에서 4.34 M
G3	-2055.855	-5067.286	-1544.241	-3156.838	-882.053	-12706.272	절점 148 에서 4.31 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	377.906	911.426	282.540	652.122	60.570	2284.564	절점 40 에서 4.36 M
G2	376.613	896.895	294.922	585.643	63.729	2217.802	절점 94 에서 4.34 M
G3	377.147	887.484	328.277	631.852	64.510	2289.270	절점 148 에서 4.31 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-30.084	11.717	96.075	764.635	3.687	846.029	절점 40 에서 4.36 M
G2	21.699	137.316	-78.074	979.802	8.582	1069.325	절점 94 에서 4.34 M
G3	49.291	173.099	-210.514	717.337	3.826	733.038	절점 148 에서 4.31 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	-4281.642	-10381.833	-3137.525	-5429.785	-1153.046	-24383.829	절점 41 에서 4.36 M
G2	-4289.678	-10263.597	-3203.222	-4804.136	-1203.860	-23764.492	절점 95 에서 4.34 M
G3	-4232.054	-10002.972	-3524.988	-5158.256	-1207.148	-24125.417	절점 149 에서 4.31 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	502.858	1159.114	369.500	793.230	58.879	2883.581	절점 41 에서 4.36 M
G2	517.156	1167.621	339.766	722.461	63.957	2810.961	절점 95 에서 4.34 M
G3	501.327	1110.319	449.322	767.897	66.195	2895.061	절점 149 에서 4.31 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-46.259	-35.467	98.523	797.479	5.433	819.708	절점 41 에서 4.36 M
G2	16.260	104.285	-62.798	1033.416	6.019	1097.181	절점 95 에서 4.34 M
G3	39.823	141.170	-198.069	797.335	2.381	782.640	절점 149 에서 4.31 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	-6563.218	-15557.605	-4887.342	-8211.553	-1385.748	-36605.466	절점 43 에서 0.00 M
G2	-6757.159	-15686.756	-4466.587	-7298.958	-1466.889	-35676.349	절점 97 에서 0.00 M
G3	-6478.242	-14796.418	-5713.959	-7817.983	-1483.990	-36290.592	절점 151 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	-692.838	-1554.479	-521.082	-953.045	-22.581	-3744.026	절점 43 에서 0.00 M
G2	-738.150	-1617.457	-409.707	-926.972	-29.058	-3721.344	절점 97 에서 0.00 M
G3	-692.424	-1482.383	-637.650	-920.782	-33.630	-3766.869	절점 151 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	7.745	-62.838	-76.581	-866.029	-7.319	-1005.022	절점 43 에서 0.00 M
G2	-54.287	-182.740	31.313	-1127.026	-10.630	-1343.371	절점 97 에서 0.00 M
G3	-57.331	-189.644	147.938	-869.181	-7.622	-975.841	절점 151 에서 0.00 M

8. 단면 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-4923.880	-11861.973	-3627.362	-6166.823	-1224.855	-27804.892	절점 42 에서 0.62 M
G2	-4972.396	-11791.397	-3592.959	-5437.772	-1283.302	-27077.826	절점 96 에서 0.62 M
G3	-4865.957	-11386.138	-4128.859	-5864.382	-1290.044	-27535.380	절점 150 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	532.436	1223.516	418.424	868.976	56.360	3099.711	절점 42 에서 0.62 M
G2	589.153	1305.081	291.302	858.034	64.387	3107.957	절점 96 에서 0.62 M
G3	532.353	1142.513	535.096	840.343	68.436	3118.741	절점 150 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-46.868	-92.381	9.262	-849.086	-7.118	-986.191	절점 42 에서 0.62 M
G2	6.423	4.189	-16.945	918.193	6.152	918.013	절점 96 에서 0.62 M
G3	-1.305	-5.117	-26.652	-800.219	-5.105	-838.399	절점 150 에서 0.62 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	-2568.510	-6353.559	-1856.005	-3706.300	-932.795	-15417.168	절점 41 에서 0.62 M
G2	-2532.707	-6224.030	-2014.496	-3389.809	-966.054	-15127.095	절점 95 에서 0.62 M
G3	-2543.235	-6198.799	-1982.965	-3522.554	-962.513	-15210.065	절점 149 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	414.354	994.610	315.667	708.026	58.879	2491.536	절점 41 에서 0.62 M
G2	429.185	1005.239	299.643	636.703	63.957	2434.727	절점 95 에서 0.62 M
G3	413.890	948.409	385.184	685.042	66.195	2498.721	절점 149 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-46.259	-66.040	52.287	-723.656	-4.333	-788.001	절점 41 에서 0.62 M
G2	16.260	82.109	-64.192	1006.909	6.019	1047.105	절점 95 에서 0.62 M
G3	39.823	121.517	-113.756	755.875	2.381	805.839	절점 149 에서 0.62 M

10. 단면 - 10

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1766.624	4146.291	1392.281	4466.683	290.220	12062.099	절점 15 에서 3.74 M
G2	1764.205	4076.936	1462.593	4137.245	294.529	11735.508	절점 69 에서 3.72 M
G3	1741.019	3963.120	1621.169	4279.581	287.431	11892.320	절점 123 에서 3.70 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	15.880	43.422	14.961	350.226	67.012	491.502	절점 15 에서 3.74 M
G2	15.760	42.720	10.454	349.556	68.702	487.192	절점 69 에서 3.72 M
G3	15.660	42.610	18.552	341.577	67.701	486.101	절점 123 에서 3.70 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-1.165	7.900	15.949	387.711	3.608	414.004	절점 15 에서 3.74 M
G2	-1.138	4.799	-0.149	395.977	6.498	405.988	절점 69 에서 3.72 M
G3	-0.402	6.101	-30.532	-357.565	-3.773	-386.171	절점 123 에서 3.70 M

11. 단면 - 11

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-3379.093	-8282.228	-2468.795	-4480.900	-1042.920	-19653.936	절점 41 에서 2.49 M
G2	-3365.763	-8159.956	-2588.139	-4024.671	-1084.957	-19223.486	절점 95 에서 2.48 M
G3	-3342.764	-8017.779	-2721.055	-4250.671	-1084.830	-19417.099	절점 149 에서 2.46 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	457.537	1076.862	342.584	749.475	58.879	2685.335	절점 41 에서 2.49 M
G2	472.107	1086.430	319.705	675.959	63.957	2618.157	절점 95 에서 2.48 M
G3	456.552	1029.364	417.253	725.366	66.195	2694.730	절점 149 에서 2.46 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-46.259	-50.754	75.405	792.509	5.433	776.334	절점 41 에서 2.49 M
G2	16.260	93.197	-63.495	1019.602	6.019	1071.582	절점 95 에서 2.48 M
G3	39.823	131.344	-155.913	766.136	2.381	783.770	절점 149 에서 2.46 M

14. 단면 - 14

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	841.218	1810.319	659.975	3652.999	765.274	7729.785	절점 17 에서 2.49 M
G2	856.192	1802.306	629.315	3423.158	781.194	7492.165	절점 71 에서 2.48 M
G3	826.100	1696.396	813.799	3500.560	766.585	7603.440	절점 125 에서 2.46 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	194.110	484.451	150.910	479.519	66.485	1375.474	절점 17 에서 2.49 M
G2	191.454	473.815	171.043	436.267	68.863	1341.442	절점 71 에서 2.48 M
G3	194.156	474.915	170.164	464.638	68.388	1372.261	절점 125 에서 2.46 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-8.638	31.921	51.217	614.038	5.392	693.930	절점 17 에서 2.49 M
G2	19.898	106.267	-63.708	769.445	8.559	840.460	절점 71 에서 2.48 M
G3	43.760	142.331	-129.108	550.736	5.171	612.890	절점 125 에서 2.46 M

16. 현장이음 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	2430.158	6004.289	1961.451	4213.496	420.739	15030.132	절점 3 에서 1.87 M
G2	2437.663	5944.015	1977.057	3733.955	427.939	14520.628	절점 57 에서 1.86 M
G3	2389.507	5764.677	2204.501	4037.735	414.735	14811.155	절점 111 에서 1.85 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-103.315	-245.508	-78.416	-398.802	-37.262	-863.302	절점 3 에서 1.87 M
G2	-99.907	-237.648	-92.659	-385.961	-37.760	-853.935	절점 57 에서 1.86 M
G3	-104.169	-246.446	-85.570	-389.576	-37.217	-862.978	절점 111 에서 1.85 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-1.118	-52.810	-59.413	-557.667	-2.422	-673.430	절점 3 에서 1.87 M
G2	-18.721	-97.500	49.800	-749.550	-8.511	-824.482	절점 57 에서 1.86 M
G3	-41.824	-137.336	123.736	-492.292	-2.783	-550.500	절점 111 에서 1.85 M

17. 현장이음 - 2

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1950.982	4766.083	1590.879	4496.126	927.758	13731.827	절점 6 에서 0.62 M
G2	1952.959	4709.647	1631.910	4166.459	943.977	13404.952	절점 60 에서 0.62 M
G3	1924.124	4586.177	1802.223	4288.092	920.718	13521.333	절점 114 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	180.467	441.871	134.886	402.331	36.309	1195.864	절점 6 에서 0.62 M
G2	178.226	433.384	161.270	362.549	38.033	1173.462	절점 60 에서 0.62 M
G3	180.484	434.026	146.029	388.730	38.022	1187.291	절점 114 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	2.396	37.070	16.688	529.684	6.046	591.884	절점 6 에서 0.62 M
G2	25.542	104.211	-52.591	623.022	11.071	711.256	절점 60 에서 0.62 M
G3	42.594	125.968	-52.189	437.410	7.242	561.025	절점 114 에서 0.62 M

18. 현장이음 - 3

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2475.179	-5840.587	-1723.283	-3998.831	-1410.204	-15448.083	절점 8 에서 4.36 M
G2	-2459.679	-5719.783	-1810.666	-3579.344	-1461.445	-15030.916	절점 62 에서 4.34 M
G3	-2441.885	-5601.786	-1962.470	-3803.257	-1452.393	-15261.790	절점 116 에서 4.31 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	475.301	1103.825	350.840	710.243	33.870	2674.080	절점 8 에서 4.36 M
G2	483.261	1102.348	334.719	640.112	37.974	2598.414	절점 62 에서 4.34 M
G3	473.984	1065.136	416.301	687.265	40.728	2683.413	절점 116 에서 4.31 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-13.907	50.645	107.254	752.456	8.930	905.379	절점 8 에서 4.36 M
G2	34.242	160.889	-63.026	978.136	11.219	1121.461	절점 62 에서 4.34 M
G3	67.910	216.121	-190.265	720.027	9.013	822.806	절점 116 에서 4.31 M

19. 현장이음 - 4

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2739.514	-6612.733	-1972.622	-4003.149	-1256.303	-16584.319	절점 11 에서 1.87 M
G2	-2734.432	-6509.562	-2046.983	-3500.244	-1305.664	-16096.884	절점 65 에서 1.86 M
G3	-2705.879	-6355.284	-2233.146	-3803.727	-1303.297	-16401.332	절점 119 에서 1.85 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-454.387	-1032.068	-331.429	-741.637	-63.567	-2623.088	절점 11 에서 1.87 M
G2	-468.702	-1042.399	-304.825	-676.154	-68.864	-2560.945	절점 65 에서 1.86 M
G3	-453.076	-986.644	-403.023	-718.006	-71.392	-2632.141	절점 119 에서 1.85 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	28.595	3.369	-88.580	-782.300	-4.590	-843.505	절점 11 에서 1.87 M
G2	-20.526	-108.012	65.578	-1010.184	-5.243	-1078.387	절점 65 에서 1.86 M
G3	-55.074	-171.548	170.062	-755.170	-3.898	-815.628	절점 119 에서 1.85 M

20. 현장이음 - 5

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1271.921	2923.458	1014.135	3927.019	527.251	9663.783	절점 14 에서 0.62 M
G2	1277.406	2881.009	1044.794	3580.071	537.467	9320.747	절점 68 에서 0.62 M
G3	1252.723	2772.372	1212.139	3789.578	526.942	9553.753	절점 122 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-136.115	-340.924	-107.156	-432.459	-66.849	-1083.504	절점 14 에서 0.62 M
G2	-134.815	-335.493	-111.034	-424.720	-68.694	-1074.756	절점 68 에서 0.62 M
G3	-135.680	-335.759	-119.957	-418.861	-67.857	-1078.115	절점 122 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	0.717	-41.046	-45.632	-482.132	-4.450	-572.543	절점 14 에서 0.62 M
G2	-12.090	-71.925	33.858	-590.418	-7.696	-648.271	절점 68 에서 0.62 M
G3	-22.425	-83.667	105.333	-447.648	-4.469	-452.876	절점 122 에서 0.62 M

21. 현장이음 - 6

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1346.562	3079.877	1054.803	4123.945	557.887	10163.074	절점 16 에서 4.36 M
G2	1351.516	3036.442	1084.957	3841.875	568.107	9882.897	절점 70 에서 4.34 M
G3	1326.165	2926.712	1250.323	3950.524	556.379	10010.103	절점 124 에서 4.31 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	125.231	318.115	101.240	428.629	66.869	1040.083	절점 16 에서 4.36 M
G2	123.956	312.728	105.110	421.578	68.696	1032.069	절점 70 에서 4.34 M
G3	124.837	312.968	114.345	415.650	67.837	1035.638	절점 124 에서 4.31 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2.849	36.933	46.792	478.577	4.459	563.912	절점 16 에서 4.36 M
G2	10.559	68.351	-34.339	587.607	7.625	639.803	절점 70 에서 4.34 M
G3	22.152	83.970	-109.735	445.310	4.466	446.163	절점 124 에서 4.31 M

22. 현장이음 - 7

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2511.938	-6134.268	-1854.713	-4435.607	-1456.668	-16393.193	절점 19 에서 3.12 M
G2	-2514.189	-6046.947	-1916.523	-3969.360	-1505.485	-15952.503	절점 73 에서 3.10 M
G3	-2485.676	-5893.687	-2123.634	-4226.674	-1496.050	-16225.720	절점 127 에서 3.08 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	442.924	1007.683	325.954	739.303	63.892	2579.756	절점 19 에서 3.12 M
G2	458.132	1019.843	297.673	671.599	68.795	2516.042	절점 73 에서 3.10 M
G3	442.257	964.190	397.818	716.397	71.180	2591.843	절점 127 에서 3.08 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-27.261	1.414	90.236	795.115	6.171	865.675	절점 19 에서 3.12 M
G2	22.595	112.521	-63.341	1026.434	6.735	1104.943	절점 73 에서 3.10 M
G3	57.575	179.491	-174.566	772.123	5.334	839.956	절점 127 에서 3.08 M

23. 현장이음 - 8

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2493.089	-5981.184	-1809.348	-4362.582	-1436.141	-16082.343	절점 22 에서 1.87 M
G2	-2494.574	-5889.105	-1870.049	-3864.235	-1490.056	-15608.018	절점 76 에서 1.86 M
G3	-2463.744	-5729.087	-2078.654	-4149.960	-1484.719	-15906.163	절점 130 에서 1.85 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-446.462	-1036.964	-334.620	-753.051	-66.232	-2637.328	절점 22 에서 1.87 M
G2	-461.798	-1049.371	-306.463	-686.703	-71.828	-2576.162	절점 76 에서 1.86 M
G3	-445.791	-993.693	-405.752	-729.233	-74.435	-2648.904	절점 130 에서 1.85 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	23.711	-16.202	-92.693	-806.463	-5.430	-897.077	절점 22 에서 1.87 M
G2	-25.160	-125.220	60.860	-1040.975	-5.986	-1136.481	절점 76 에서 1.86 M
G3	-60.370	-192.589	170.796	-782.164	-4.964	-869.291	절점 130 에서 1.85 M

24. 현장이음 - 9

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1420.791	3632.422	1218.147	4089.143	547.204	10907.706	절점 25 에서 0.62 M
G2	1426.202	3591.979	1250.420	3830.297	557.597	10656.495	절점 79 에서 0.62 M
G3	1403.451	3490.240	1403.490	3920.335	546.758	10764.272	절점 133 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-132.445	-347.392	-109.809	-443.284	-69.628	-1102.558	절점 25 에서 0.62 M
G2	-131.279	-342.092	-113.487	-426.797	-71.569	-1085.224	절점 79 에서 0.62 M
G3	-132.025	-341.903	-122.692	-429.239	-70.777	-1096.637	절점 133 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	0.316	-44.106	-47.150	-481.064	-4.314	-576.318	절점 25 에서 0.62 M
G2	-12.423	-73.749	32.480	-590.807	-7.306	-651.806	절점 79 에서 0.62 M
G3	-23.894	-89.154	105.786	-449.213	-4.513	-460.987	절점 133 에서 0.62 M

25. 현장이음 - 10

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1560.279	3879.533	1294.074	4198.691	529.071	11461.647	절점 27 에서 4.36 M
G2	1564.837	3837.470	1327.117	3945.502	539.203	11214.128	절점 81 에서 4.34 M
G3	1541.408	3734.337	1477.959	4023.144	528.777	11305.625	절점 135 에서 4.31 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	112.110	311.368	98.744	437.622	69.659	1029.502	절점 27 에서 4.36 M
G2	110.934	306.057	102.232	423.159	71.576	1013.958	절점 81 에서 4.34 M
G3	111.670	305.892	111.704	423.935	70.739	1023.941	절점 135 에서 4.31 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-1.967	41.153	46.419	478.934	4.283	568.822	절점 27 에서 4.36 M
G2	10.818	70.722	-33.171	587.139	7.243	642.750	절점 81 에서 4.34 M
G3	21.854	85.112	-106.966	446.396	4.373	450.770	절점 135 에서 4.31 M

26. 현장이음 - 11

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2073.917	-5237.879	-1582.096	-4389.587	-1390.244	-14673.722	절점 30 에서 3.12 M
G2	-2077.060	-5149.756	-1639.583	-3901.989	-1440.747	-14209.134	절점 84 에서 3.10 M
G3	-2048.762	-4995.499	-1854.193	-4181.896	-1434.704	-14515.052	절점 138 에서 3.08 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	426.093	1000.761	323.639	746.687	66.530	2563.710	절점 30 에서 3.12 M
G2	441.261	1012.981	295.167	680.445	71.767	2501.621	절점 84 에서 3.10 M
G3	425.350	957.655	394.623	723.804	74.188	2575.620	절점 138 에서 3.08 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-22.101	19.042	93.306	815.164	5.402	910.813	절점 30 에서 3.12 M
G2	27.654	130.324	-59.745	1047.097	5.691	1151.020	절점 84 에서 3.10 M
G3	62.113	195.796	-170.111	788.284	4.836	880.917	절점 138 에서 3.08 M

27. 현장이음 - 12

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2209.038	-5578.168	-1685.939	-4425.297	-1431.728	-15330.169	절점 33 에서 1.87 M
G2	-2212.336	-5491.437	-1744.657	-3936.714	-1482.718	-14867.861	절점 87 에서 1.86 M
G3	-2184.383	-5338.005	-1956.794	-4215.899	-1475.783	-15170.863	절점 141 에서 1.85 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-400.911	-937.140	-304.242	-739.662	-58.787	-2440.742	절점 33 에서 1.87 M
G2	-415.884	-949.042	-275.464	-672.813	-63.868	-2377.071	절점 87 에서 1.86 M
G3	-399.821	-893.224	-375.276	-717.093	-66.456	-2451.870	절점 141 에서 1.85 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	32.786	8.832	-87.935	-803.869	-6.352	-856.538	절점 33 에서 1.87 M
G2	-16.604	-101.360	65.623	-1043.555	-6.869	-1102.765	절점 87 에서 1.86 M
G3	-51.586	-168.232	177.074	-783.381	-5.612	-831.737	절점 141 에서 1.85 M

28. 현장이음 - 13

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1079.354	2666.206	924.354	4050.432	601.514	9321.859	절점 36 에서 0.62 M
G2	1084.657	2625.836	953.595	3784.081	612.726	9060.895	절점 90 에서 0.62 M
G3	1061.843	2524.065	1113.619	3883.494	600.711	9183.731	절점 144 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-86.806	-247.496	-79.373	-430.948	-61.915	-906.538	절점 36 에서 0.62 M
G2	-85.603	-242.143	-82.532	-426.402	-63.699	-900.379	절점 90 에서 0.62 M
G3	-86.350	-242.034	-92.350	-418.743	-63.004	-902.481	절점 144 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	6.521	-28.719	-45.508	-473.338	-3.485	-544.529	절점 36 에서 0.62 M
G2	-5.372	-55.681	34.747	-583.766	-7.994	-618.066	절점 90 에서 0.62 M
G3	-17.325	-72.935	110.814	422.248	3.559	446.361	절점 144 에서 0.62 M

29. 현장이음 - 14

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	592.877	1542.689	584.816	3939.840	424.561	7084.782	절점 38 에서 4.36 M
G2	600.797	1509.348	607.306	3621.440	433.343	6772.233	절점 92 에서 4.34 M
G3	579.844	1412.650	775.459	3805.584	425.619	6999.156	절점 146 에서 4.31 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	157.746	411.346	128.822	448.994	61.953	1208.861	절점 38 에서 4.36 M
G2	156.572	405.891	133.377	428.604	63.673	1188.117	절점 92 에서 4.34 M
G3	157.458	405.979	142.255	434.625	62.986	1203.303	절점 146 에서 4.31 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2.410	39.250	44.029	479.293	3.852	564.015	절점 38 에서 4.36 M
G2	13.172	76.988	-34.804	600.252	7.796	663.405	절점 92 에서 4.34 M
G3	21.334	82.917	-105.218	447.543	4.170	450.745	절점 146 에서 4.31 M

30. 현장이음 - 15

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3673.634	-8970.701	-2687.976	-4784.713	-1079.629	-21196.652	절점 41 에서 3.12 M
G2	-3667.502	-8849.989	-2790.404	-4273.137	-1124.591	-20705.623	절점 95 에서 3.10 M
G3	-3633.037	-8668.429	-2984.643	-4541.187	-1125.603	-20952.898	절점 149 에서 3.08 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	472.501	1104.279	351.556	763.986	58.879	2751.200	절점 41 에서 3.12 M
G2	486.981	1113.494	326.392	690.827	63.957	2681.650	절점 95 에서 3.10 M
G3	471.336	1056.349	427.943	739.471	66.195	2761.294	절점 149 에서 3.08 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-46.259	-45.658	83.111	794.166	5.433	790.792	절점 41 에서 3.12 M
G2	16.260	96.893	-63.262	1024.134	6.019	1080.042	절점 95 에서 3.10 M
G3	39.823	134.619	-169.965	776.377	2.381	783.234	절점 149 에서 3.08 M

31. 현장이음 - 16

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2424.163	-5971.560	-1709.374	-3957.698	-1226.529	-15289.323	절점 44 에서 1.87 M
G2	-2398.836	-5839.612	-1837.612	-3534.013	-1269.399	-14879.471	절점 98 에서 1.86 M
G3	-2388.591	-5745.932	-1908.031	-3753.834	-1260.059	-15056.446	절점 152 에서 1.85 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-521.994	-1235.842	-393.146	-745.507	-24.924	-2921.413	절점 44 에서 1.87 M
G2	-530.189	-1234.180	-383.888	-670.153	-28.807	-2847.217	절점 98 에서 1.86 M
G3	-521.187	-1196.145	-459.334	-720.598	-31.516	-2928.780	절점 152 에서 1.85 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2.966	-85.286	-91.701	-897.710	-8.233	-1079.963	절점 44 에서 1.87 M
G2	-59.965	-233.494	73.880	-1159.379	-14.116	-1393.074	절점 98 에서 1.86 M
G3	-88.015	-274.019	183.929	-858.835	-9.199	-1046.139	절점 152 에서 1.85 M

32. 현장이음 - 17

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2026.809	4799.746	1679.792	4569.117	932.312	14007.775	절점 46 에서 3.12 M
G2	2032.339	4760.166	1695.432	4319.594	949.180	13756.710	절점 100 에서 3.10 M
G3	2002.726	4644.186	1864.430	4370.936	926.020	13808.296	절점 154 에서 3.08 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-277.555	-682.694	-213.779	-484.896	-27.281	-1686.205	절점 46 에서 3.12 M
G2	-275.204	-673.135	-238.407	-445.574	-28.768	-1661.087	절점 100 에서 3.10 M
G3	-277.130	-672.799	-229.727	-468.503	-29.025	-1677.185	절점 154 에서 3.08 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-15.889	-102.525	-36.127	-687.451	-7.204	-849.196	절점 46 에서 3.12 M
G2	-47.682	-189.078	70.832	-864.718	-12.455	-1043.100	절점 100 에서 3.10 M
G3	-65.818	-208.070	111.066	-628.012	-7.869	-798.704	절점 154 에서 3.08 M

33. 현장이음 - 18

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3653.987	8833.619	2947.053	5673.663	690.741	21799.062	절점 48 에서 1.87 M
G2	3639.971	8728.684	3067.603	5325.407	700.105	21461.769	절점 102 에서 1.86 M
G3	3608.216	8585.438	3195.265	5417.359	680.113	21486.390	절점 156 에서 1.85 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-95.829	-242.927	-75.626	-376.611	-27.997	-818.990	절점 48 에서 1.87 M
G2	-95.452	-241.054	-77.458	-366.599	-28.749	-809.313	절점 102 에서 1.86 M
G3	-95.443	-240.197	-80.632	-365.094	-28.206	-809.573	절점 156 에서 1.85 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-5.000	-29.092	-4.250	-431.854	-3.150	-473.345	절점 48 에서 1.87 M
G2	-12.431	-49.612	11.625	-449.068	-6.859	-506.345	절점 102 에서 1.86 M
G3	-10.808	-38.076	21.182	-374.725	-4.048	-406.475	절점 156 에서 1.85 M

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3080.728	7589.353	2501.039	4423.510	305.125	17899.754	절점 51 에서 0.62 M
G2	3081.234	7511.701	2544.984	4041.678	309.345	17488.941	절점 105 에서 0.62 M
G3	3030.028	7322.976	2735.985	4205.977	299.312	17594.277	절점 159 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	187.672	442.278	143.896	410.643	28.297	1212.786	절점 51 에서 0.62 M
G2	183.581	432.572	171.300	387.503	28.591	1203.548	절점 105 에서 0.62 M
G3	189.327	442.729	150.276	400.498	28.133	1210.963	절점 159 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	20.226	120.693	53.175	846.574	4.140	1044.808	절점 51 에서 0.62 M
G2	49.458	198.662	-86.244	1109.059	5.334	1276.269	절점 105 에서 0.62 M
G3	88.722	272.172	-138.247	780.986	3.089	1006.722	절점 159 에서 0.62 M

4.4 사. 반력 집계

A. G1 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	540.310	-36.976	36.308	-36.308	2003.991	1354.087	271
G2	381.286	915.174	157.983	49.133	-23.134	41.545	-41.545	1545.122	1389.765	277
G3	290.483	693.539	374.785	6.539	-40.226	34.700	-34.700	1400.046	1283.881	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	590.904	-44.484	89.690	-89.690	5470.731	4655.962	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	80.713	-38.676	105.824	-105.824	5041.530	4710.494	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	8.640	-31.236	121.080	-121.080	4993.385	4711.349	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	591.441	-46.030	122.758	-122.758	5317.252	4434.265	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	81.686	-39.535	139.806	-139.806	4894.947	4494.114	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	10.016	-30.284	154.170	-154.170	4850.161	4501.521	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	591.519	-50.427	118.022	-118.022	5110.852	4232.863	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	81.656	-39.647	134.766	-134.766	4685.410	4294.575	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	7.601	-30.607	149.162	-149.162	4638.686	4302.154	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	592.538	-43.714	75.866	-75.866	5897.358	5109.374	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	95.565	-38.793	94.075	-94.075	5452.100	5129.591	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	11.178	-37.836	104.508	-104.508	5439.386	5181.356	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	546.228	-30.410	27.931	-27.931	2296.688	1664.189	276
G2	462.611	1092.600	204.994	61.626	-22.641	31.470	-31.470	1853.301	1706.094	282
G3	345.718	818.606	436.852	3.154	-52.515	25.793	-25.793	1630.123	1522.869	288

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	728.428	-61.936	36.308	-36.308	2192.109	1329.127	271
G2	381.286	915.174	157.983	302.774	-38.760	41.545	-41.545	1798.762	1374.139	277
G3	290.483	693.539	374.785	13.931	-71.801	34.700	-34.700	1407.438	1252.306	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	797.057	-75.370	89.690	-89.690	5676.884	4625.076	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	361.633	-58.254	105.824	-105.824	5322.450	4690.916	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	22.187	-62.483	121.080	-121.080	5006.932	4680.102	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	796.399	-77.970	122.758	-122.758	5522.211	4402.325	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	363.135	-59.050	139.806	-139.806	5176.395	4474.599	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	24.790	-61.663	154.170	-154.170	4864.935	4470.142	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	796.598	-85.621	118.022	-118.022	5315.931	4197.670	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	363.106	-66.175	134.766	-134.766	4966.861	4268.047	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	22.418	-62.149	149.162	-149.162	4653.503	4270.612	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	805.342	-73.755	75.866	-75.866	6110.162	5079.333	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	379.276	-49.757	94.075	-94.075	5735.811	5118.627	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	32.983	-71.194	104.508	-104.508	5461.191	5147.998	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	736.085	-51.169	27.931	-27.931	2486.545	1643.429	276
G2	462.611	1092.600	204.994	318.765	-36.157	31.470	-31.470	2110.440	1692.578	282
G3	345.718	818.606	436.852	7.794	-84.891	25.793	-25.793	1634.763	1490.492	288

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	682.780	-72.137	36.308	-36.308	2146.460	1318.927	271
G2	381.286	915.174	157.983	675.893	-51.614	41.545	-41.545	2171.881	1361.285	277
G3	290.483	693.539	374.785	65.537	-75.814	34.700	-34.700	1459.044	1248.294	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	765.424	-89.703	89.690	-89.690	5645.250	4610.743	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	790.773	-76.841	105.824	-105.824	5751.590	4672.329	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	102.607	-76.660	121.080	-121.080	5087.352	4665.925	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	763.757	-92.925	122.758	-122.758	5489.569	4387.371	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	792.343	-78.374	139.806	-139.806	5605.603	4455.274	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	105.380	-76.761	154.170	-154.170	4945.525	4455.044	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	764.612	-103.015	118.022	-118.022	5283.945	4180.275	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	792.341	-87.753	134.766	-134.766	5396.095	4246.469	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	103.463	-81.262	149.162	-149.162	4734.548	4251.499	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	788.908	-87.136	75.866	-75.866	6093.728	5065.952	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	806.649	-66.581	94.075	-94.075	6163.184	5101.803	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	129.316	-83.337	104.508	-104.508	5557.524	5135.854	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	695.766	-59.217	27.931	-27.931	2446.226	1635.382	276
G2	462.611	1092.600	204.994	691.294	-47.292	31.470	-31.470	2482.969	1681.443	282
G3	345.718	818.606	436.852	65.775	-82.787	25.793	-25.793	1692.744	1492.597	288

d. 4차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	573.009	-93.622	36.308	-36.308	2036.690	1297.441	271
G2	381.286	915.174	157.983	730.485	-56.372	41.545	-41.545	2226.473	1356.527	277
G3	290.483	693.539	374.785	264.660	-83.415	34.700	-34.700	1658.166	1240.692	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	643.016	-113.369	89.690	-89.690	5522.842	4587.077	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	846.111	-82.894	105.824	-105.824	5806.928	4666.276	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	315.574	-92.036	121.080	-121.080	5300.319	4650.549	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	642.555	-116.698	122.758	-122.758	5368.366	4363.597	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	848.889	-84.980	139.806	-139.806	5662.150	4448.668	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	316.481	-92.542	154.170	-154.170	5156.626	4439.263	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	642.458	-125.084	118.022	-118.022	5161.792	4158.206	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	849.149	-95.251	134.766	-134.766	5452.903	4238.971	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	314.816	-98.855	149.162	-149.162	4945.901	4233.906	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	664.781	-112.000	75.866	-75.866	5969.601	5041.088	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	861.496	-72.765	94.075	-94.075	6218.031	5095.619	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	341.985	-96.432	104.508	-104.508	5770.194	5122.760	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	582.850	-84.892	27.931	-27.931	2333.310	1609.707	276
G2	462.611	1092.600	204.994	749.660	-50.773	31.470	-31.470	2541.335	1677.962	282
G3	345.718	818.606	436.852	263.976	-85.304	25.793	-25.793	1890.945	1490.080	288

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	545.808	-51.021	36.308	-36.308	2009.489	1340.043	271
G2	381.286	915.174	157.983	56.563	-41.420	41.545	-41.545	1552.551	1371.478	277
G3	290.483	693.539	374.785	9.660	-53.489	34.700	-34.700	1403.167	1270.619	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	1130.798	-61.578	89.690	-89.690	6010.625	4638.868	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	158.230	-63.260	105.824	-105.824	5119.048	4685.911	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	12.099	-74.119	121.080	-121.080	4996.845	4668.466	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	1152.010	-97.879	122.758	-122.758	5877.821	4382.416	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	167.934	-86.334	139.806	-139.806	4981.194	4447.314	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	14.349	-80.268	154.170	-154.170	4854.494	4451.537	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	1148.806	-110.397	118.022	-118.022	5668.139	4172.893	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	166.862	-96.818	134.766	-134.766	4770.617	4237.405	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	10.171	-85.448	149.162	-149.162	4641.256	4247.313	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1192.471	-60.439	75.866	-75.866	6497.291	5092.649	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	179.933	-54.795	94.075	-94.075	5536.468	5113.589	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	15.552	-81.923	104.508	-104.508	5443.761	5137.268	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	589.454	-40.420	27.931	-27.931	2339.914	1654.179	276
G2	462.611	1092.600	204.994	81.779	-44.498	31.470	-31.470	1873.453	1684.237	282
G3	345.718	818.606	436.852	5.166	-69.609	25.793	-25.793	1632.135	1505.775	288

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	745.698	-85.218	36.308	-36.308	2209.378	1305.845	271
G2	381.286	915.174	157.983	311.145	-52.651	41.545	-41.545	1807.133	1360.248	277
G3	290.483	693.539	374.785	19.337	-93.575	34.700	-34.700	1412.844	1230.533	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	1564.612	-104.376	89.690	-89.690	6444.439	4596.070	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	687.802	-84.670	105.824	-105.824	5648.620	4664.501	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	38.190	-126.786	121.080	-121.080	5022.936	4615.799	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	1595.970	-164.308	122.758	-122.758	6321.781	4315.987	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	709.319	-125.355	139.806	-139.806	5522.580	4408.293	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	44.298	-143.628	154.170	-154.170	4884.443	4388.176	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	1590.802	-185.812	118.022	-118.022	6110.135	4097.478	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	706.829	-145.852	134.766	-134.766	5310.584	4188.370	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	38.543	-154.978	149.162	-149.162	4669.628	4177.783	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1659.836	-101.653	75.866	-75.866	6964.656	5051.435	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	732.380	-67.358	94.075	-94.075	6088.915	5101.026	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	51.707	-135.445	104.508	-104.508	5479.915	5083.746	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	807.531	-67.869	27.931	-27.931	2557.991	1626.730	276
G2	462.611	1092.600	204.994	360.039	-54.813	31.470	-31.470	2151.714	1673.922	282
G3	345.718	818.606	436.852	10.291	-109.584	25.793	-25.793	1637.260	1465.800	288

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	707.718	-101.096	36.308	-36.308	2171.398	1289.967	271
G2	381.286	915.174	157.983	667.032	-71.401	41.545	-41.545	2163.020	1341.498	277
G3	290.483	693.539	374.785	88.220	-104.226	34.700	-34.700	1481.727	1219.882	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	1500.819	-127.214	89.690	-89.690	6380.646	4573.232	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1396.832	-111.496	105.824	-105.824	6357.649	4637.674	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	224.236	-145.942	121.080	-121.080	5208.981	4596.642	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	1534.313	-197.822	122.758	-122.758	6260.124	4282.473	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1429.266	-166.772	139.806	-139.806	6242.526	4366.877	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	238.018	-180.680	154.170	-154.170	5078.164	4351.125	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	1528.292	-225.615	118.022	-118.022	6047.625	4057.676	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1424.939	-193.815	134.766	-134.766	6028.693	4140.407	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	231.623	-200.385	149.162	-149.162	4862.708	4132.376	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1608.290	-122.595	75.866	-75.866	6913.110	5030.493	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1461.029	-90.474	94.075	-94.075	6817.564	5077.910	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	265.236	-151.729	104.508	-104.508	5693.444	5067.463	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	771.855	-80.491	27.931	-27.931	2522.316	1614.107	276
G2	462.611	1092.600	204.994	732.934	-71.550	31.470	-31.470	2524.609	1657.185	282
G3	345.718	818.606	436.852	89.143	-111.198	25.793	-25.793	1716.112	1464.186	288

d. 4차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	595.230	-122.112	36.308	-36.308	2058.911	1268.951	271
G2	381.286	915.174	157.983	716.658	-76.960	41.545	-41.545	2212.647	1335.939	277
G3	290.483	693.539	374.785	284.947	-114.107	34.700	-34.700	1678.453	1210.001	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	1258.738	-167.367	89.690	-89.690	6138.565	4533.079	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1506.735	-118.344	105.824	-105.824	6467.552	4630.827	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	649.122	-159.708	121.080	-121.080	5633.868	4582.877	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	1288.936	-233.664	122.758	-122.758	6014.747	4246.631	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1542.301	-177.342	139.806	-139.806	6355.561	4356.306	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	670.747	-209.505	154.170	-154.170	5510.892	4322.300	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	1282.109	-260.990	118.022	-118.022	5801.442	4022.300	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1537.144	-206.168	134.766	-134.766	6140.898	4128.054	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	664.293	-233.703	149.162	-149.162	5295.377	4099.059	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1350.489	-161.573	75.866	-75.866	6655.309	4991.515	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1575.115	-97.666	94.075	-94.075	6931.650	5070.718	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	715.769	-162.545	104.508	-104.508	6143.978	5056.646	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	647.284	-106.068	27.931	-27.931	2397.744	1588.531	276
G2	462.611	1092.600	204.994	785.709	-74.872	31.470	-31.470	2577.384	1653.863	282
G3	345.718	818.606	436.852	302.643	-114.113	25.793	-25.793	1929.612	1461.270	288

B. G2 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	131.294	-25.422	36.308	-36.308	1594.975	1365.642	271
G2	381.286	915.174	157.983	392.539	-19.747	41.545	-41.545	1888.527	1393.152	277
G3	290.483	693.539	374.785	17.560	-24.907	34.700	-34.700	1411.067	1299.201	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	151.875	-32.057	89.690	-89.690	5031.702	4668.389	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	439.286	-29.142	105.824	-105.824	5400.103	4720.028	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	35.722	-31.112	121.080	-121.080	5020.467	4711.473	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	150.288	-33.206	122.758	-122.758	4876.099	4447.089	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	439.391	-29.874	139.806	-139.806	5252.652	4503.774	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	36.936	-31.917	154.170	-154.170	4877.081	4499.888	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	150.650	-36.978	118.022	-118.022	4669.983	4246.312	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	439.491	-33.275	134.766	-134.766	5043.245	4300.947	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	37.683	-34.179	149.162	-149.162	4668.768	4298.582	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	165.468	-30.977	75.866	-75.866	5470.288	5122.111	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	440.088	-25.558	94.075	-94.075	5796.623	5142.826	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	50.397	-31.258	104.508	-104.508	5478.606	5187.934	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	136.284	-20.967	27.931	-27.931	1886.744	1673.632	276
G2	462.611	1092.600	204.994	394.148	-17.745	31.470	-31.470	2185.823	1710.990	282
G3	345.718	818.606	436.852	17.763	-24.020	25.793	-25.793	1644.732	1551.364	288

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	140.640	-59.373	36.308	-36.308	1604.320	1331.691	271
G2	381.286	915.174	157.983	803.430	-37.518	41.545	-41.545	2299.419	1375.381	277
G3	290.483	693.539	374.785	123.801	-45.979	34.700	-34.700	1517.307	1278.129	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	174.781	-75.599	89.690	-89.690	5054.608	4624.847	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	912.649	-54.859	105.824	-105.824	5873.467	4694.311	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	169.233	-62.388	121.080	-121.080	5153.978	4680.196	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	173.113	-77.875	122.758	-122.758	4898.924	4402.420	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	914.564	-56.557	139.806	-139.806	5727.824	4477.092	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	170.361	-63.817	154.170	-154.170	5010.506	4467.988	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	174.301	-83.795	118.022	-118.022	4693.634	4199.496	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	914.756	-63.170	134.766	-134.766	5518.510	4271.053	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	171.160	-69.581	149.162	-149.162	4802.245	4263.180	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	202.595	-73.600	75.866	-75.866	5507.415	5079.488	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	913.123	-48.743	94.075	-94.075	6269.658	5119.641	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	201.416	-61.223	104.508	-104.508	5629.624	5157.969	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	148.703	-53.656	27.931	-27.931	1899.163	1640.943	276
G2	462.611	1092.600	204.994	809.692	-33.248	31.470	-31.470	2601.367	1695.487	282
G3	345.718	818.606	436.852	127.709	-38.293	25.793	-25.793	1754.678	1537.090	288

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	493.787	-81.854	36.308	-36.308	1957.468	1309.210	271
G2	381.286	915.174	157.983	799.323	-51.033	41.545	-41.545	2295.311	1361.866	277
G3	290.483	693.539	374.785	116.560	-70.727	34.700	-34.700	1510.067	1253.381	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	559.628	-102.410	89.690	-89.690	5439.454	4598.036	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	918.172	-75.414	105.824	-105.824	5878.989	4673.756	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	159.214	-77.193	121.080	-121.080	5143.959	4665.392	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	557.562	-105.640	122.758	-122.758	5283.373	4374.655	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	920.276	-77.238	139.806	-139.806	5733.536	4456.411	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	161.311	-77.742	154.170	-154.170	5001.456	4454.063	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	558.651	-114.383	118.022	-118.022	5077.985	4168.907	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	920.205	-86.395	134.766	-134.766	5523.959	4247.828	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	159.866	-83.304	149.162	-149.162	4790.951	4249.457	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	585.215	-99.926	75.866	-75.866	5890.034	5053.162	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	927.363	-65.997	94.075	-94.075	6283.898	5102.387	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	189.399	-81.532	104.508	-104.508	5617.607	5137.659	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	503.246	-71.711	27.931	-27.931	2253.706	1622.887	276
G2	462.611	1092.600	204.994	812.857	-46.139	31.470	-31.470	2604.532	1682.596	282
G3	345.718	818.606	436.852	117.016	-71.094	25.793	-25.793	1743.985	1504.289	288

d. 4차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	415.190	-85.626	36.308	-36.308	1878.870	1305.438	271
G2	381.286	915.174	157.983	731.306	-56.076	41.545	-41.545	2227.294	1356.823	277
G3	290.483	693.539	374.785	397.009	-80.749	34.700	-34.700	1790.516	1243.358	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	471.614	-101.744	89.690	-89.690	5351.441	4598.702	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	841.469	-81.658	105.824	-105.824	5802.286	4667.512	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	461.359	-94.305	121.080	-121.080	5446.104	4648.280	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	470.786	-103.753	122.758	-122.758	5196.597	4376.542	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	841.840	-84.013	139.806	-139.806	5655.100	4449.636	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	462.108	-95.188	154.170	-154.170	5302.253	4436.616	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	469.994	-111.087	118.022	-118.022	4989.327	4172.203	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	842.379	-94.120	134.766	-134.766	5446.133	4240.103	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	460.931	-102.422	149.162	-149.162	5092.016	4230.339	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	492.271	-102.063	75.866	-75.866	5797.091	5051.025	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	855.298	-72.365	94.075	-94.075	6211.833	5096.019	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	486.567	-96.669	104.508	-104.508	5914.775	5122.522	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	422.350	-78.631	27.931	-27.931	2172.810	1615.968	276
G2	462.611	1092.600	204.994	746.009	-49.784	31.470	-31.470	2537.684	1678.951	282
G3	345.718	818.606	436.852	399.025	-77.039	25.793	-25.793	2025.994	1498.344	288

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	149.652	-34.980	36.308	-36.308	1613.332	1356.083	271
G2	381.286	915.174	157.983	371.663	-27.038	41.545	-41.545	1867.651	1385.861	277
G3	290.483	693.539	374.785	20.875	-37.699	34.700	-34.700	1414.381	1286.408	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	337.600	-44.592	89.690	-89.690	5217.426	4655.854	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	755.522	-41.164	105.824	-105.824	5716.339	4708.007	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	69.920	-52.543	121.080	-121.080	5054.665	4690.042	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	347.143	-68.681	122.758	-122.758	5072.955	4411.615	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	769.509	-62.194	139.806	-139.806	5582.769	4471.455	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	75.997	-67.857	154.170	-154.170	4916.143	4463.948	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	345.180	-78.711	118.022	-118.022	4864.514	4204.579	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	767.662	-71.879	134.766	-134.766	5371.417	4262.343	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	74.770	-75.812	149.162	-149.162	4705.855	4256.950	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	371.746	-42.491	75.866	-75.866	5676.566	5110.597	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	782.780	-33.901	94.075	-94.075	6139.314	5134.483	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	88.658	-52.584	104.508	-104.508	5516.866	5166.607	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	167.172	-28.045	27.931	-27.931	1917.632	1666.554	276
G2	462.611	1092.600	204.994	397.381	-26.134	31.470	-31.470	2189.055	1702.600	282
G3	345.718	818.606	436.852	19.171	-33.245	25.793	-25.793	1646.140	1542.138	288

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	163.708	-73.706	36.308	-36.308	1627.389	1317.358	271
G2	381.286	915.174	157.983	762.885	-51.979	41.545	-41.545	2258.873	1360.920	277
G3	290.483	693.539	374.785	144.083	-61.850	34.700	-34.700	1537.589	1262.258	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	375.074	-102.772	89.690	-89.690	5254.900	4597.674	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1547.223	-78.093	105.824	-105.824	6508.040	4671.077	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	371.855	-89.939	121.080	-121.080	5356.600	4652.646	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	389.492	-142.622	122.758	-122.758	5115.303	4337.674	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1575.778	-118.249	139.806	-139.806	6389.038	4415.399	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	388.256	-129.164	154.170	-154.170	5228.401	4402.641	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	386.215	-160.736	118.022	-118.022	4905.548	4122.554	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1571.630	-136.930	134.766	-134.766	6175.384	4197.292	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	385.675	-148.043	149.162	-149.162	5016.760	4184.718	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	426.250	-98.251	75.866	-75.866	5731.070	5054.837	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1598.566	-65.620	94.075	-94.075	6955.101	5102.764	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	426.898	-87.368	104.508	-104.508	5855.106	5131.824	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	184.751	-62.925	27.931	-27.931	1935.211	1631.674	276
G2	462.611	1092.600	204.994	812.164	-48.865	31.470	-31.470	2603.839	1679.870	282
G3	345.718	818.606	436.852	156.300	-49.052	25.793	-25.793	1783.269	1526.331	288

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	519.468	-105.796	36.308	-36.308	1983.149	1285.268	271
G2	381.286	915.174	157.983	780.246	-69.782	41.545	-41.545	2276.234	1343.117	277
G3	290.483	693.539	374.785	137.214	-97.385	34.700	-34.700	1530.721	1226.723	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	1112.314	-140.416	89.690	-89.690	5992.141	4560.030	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1621.222	-106.883	105.824	-105.824	6582.039	4642.287	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	343.559	-135.820	121.080	-121.080	5328.304	4606.764	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	1139.872	-204.313	122.758	-122.758	5865.683	4275.982	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1656.330	-160.819	139.806	-139.806	6469.590	4372.830	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	359.941	-176.974	154.170	-154.170	5200.086	4354.831	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	1134.496	-230.299	118.022	-118.022	5653.829	4052.991	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1651.552	-186.867	134.766	-134.766	6255.306	4147.355	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	354.152	-198.407	149.162	-149.162	4985.237	4134.354	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1202.394	-135.267	75.866	-75.866	6507.214	5017.821	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1686.609	-87.664	94.075	-94.075	7043.144	5080.720	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	394.672	-136.839	104.508	-104.508	5822.880	5082.353	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	567.353	-87.996	27.931	-27.931	2317.813	1606.603	276
G2	462.611	1092.600	204.994	847.032	-68.343	31.470	-31.470	2638.707	1660.392	282
G3	345.718	818.606	436.852	143.821	-95.580	25.793	-25.793	1770.790	1479.803	288

d. 4차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	438.293	-115.182	36.308	-36.308	1901.973	1275.882	271
G2	381.286	915.174	157.983	727.369	-76.520	41.545	-41.545	2223.357	1336.379	277
G3	290.483	693.539	374.785	415.524	-111.041	34.700	-34.700	1809.031	1213.067	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	933.614	-160.556	89.690	-89.690	5813.440	4539.890	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1530.120	-115.344	105.824	-105.824	6490.937	4633.826	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	926.667	-154.533	121.080	-121.080	5911.412	4588.052	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	957.972	-218.488	122.758	-122.758	5683.783	4261.807	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1564.419	-173.724	139.806	-139.806	6377.679	4359.924	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	953.558	-211.758	154.170	-154.170	5793.704	4320.047	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	950.976	-243.794	118.022	-118.022	5470.310	4039.496	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1559.014	-201.843	134.766	-134.766	6162.768	4132.380	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	947.527	-237.977	149.162	-149.162	5578.612	4094.784	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1007.676	-155.305	75.866	-75.866	6312.496	4997.783	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1598.809	-96.247	94.075	-94.075	6955.344	5072.137	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	1006.743	-153.286	104.508	-104.508	6434.951	5065.905	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	477.042	-103.245	27.931	-27.931	2227.502	1591.354	276
G2	462.611	1092.600	204.994	791.324	-72.592	31.470	-31.470	2582.998	1656.143	282
G3	345.718	818.606	436.852	445.590	-103.553	25.793	-25.793	2072.559	1471.831	288

C. G3 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	5.923	-23.793	36.308	-36.308	1469.604	1367.271	271
G2	381.286	915.174	157.983	49.156	-20.900	41.545	-41.545	1545.144	1391.999	277
G3	290.483	693.539	374.785	529.846	-34.203	34.700	-34.700	1923.353	1289.905	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	8.355	-22.824	89.690	-89.690	4888.181	4677.622	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	73.917	-28.755	105.824	-105.824	5034.735	4720.416	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	584.167	-46.885	121.080	-121.080	5568.913	4695.700	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	9.720	-21.423	122.758	-122.758	4735.531	4458.872	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	72.250	-30.041	139.806	-139.806	4885.511	4503.607	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	584.785	-47.547	154.170	-154.170	5424.930	4484.258	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	7.436	-21.149	118.022	-118.022	4526.770	4262.141	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	73.423	-33.833	134.766	-134.766	4677.178	4300.389	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	584.876	-51.595	149.162	-149.162	5215.961	4281.166	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	8.282	-27.209	75.866	-75.866	5313.102	5125.879	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	88.932	-26.656	94.075	-94.075	5445.466	5141.728	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	585.774	-44.928	104.508	-104.508	6013.982	5174.263	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	4.870	-27.776	27.931	-27.931	1755.330	1666.823	276
G2	462.611	1092.600	204.994	52.351	-17.326	31.470	-31.470	1844.026	1711.409	282
G3	345.718	818.606	436.852	536.600	-28.054	25.793	-25.793	2163.569	1547.330	288

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	14.379	-70.275	36.308	-36.308	1478.059	1320.789	271
G2	381.286	915.174	157.983	348.429	-36.675	41.545	-41.545	1844.418	1376.224	277
G3	290.483	693.539	374.785	681.632	-56.099	34.700	-34.700	2075.139	1268.008	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	22.264	-81.543	89.690	-89.690	4902.091	4618.903	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	416.534	-51.378	105.824	-105.824	5377.351	4697.792	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	757.338	-77.728	121.080	-121.080	5742.083	4664.856	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	24.668	-80.833	122.758	-122.758	4750.479	4399.462	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	415.515	-53.570	139.806	-139.806	5228.775	4480.079	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	757.091	-78.913	154.170	-154.170	5597.236	4452.892	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	22.588	-80.685	118.022	-118.022	4541.922	4202.605	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	416.898	-60.244	134.766	-134.766	5020.653	4273.978	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	757.139	-85.945	149.162	-149.162	5388.224	4246.816	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	30.330	-86.278	75.866	-75.866	5335.150	5066.810	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	431.673	-47.178	94.075	-94.075	5788.208	5121.206	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	770.442	-74.567	104.508	-104.508	6198.651	5144.624	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	13.600	-74.882	27.931	-27.931	1764.060	1619.717	276
G2	462.611	1092.600	204.994	356.967	-30.965	31.470	-31.470	2148.642	1697.770	282
G3	345.718	818.606	436.852	688.718	-45.546	25.793	-25.793	2315.687	1529.837	288

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	76.291	-69.588	36.308	-36.308	1539.971	1321.476	271
G2	381.286	915.174	157.983	693.915	-49.794	41.545	-41.545	2189.903	1363.105	277
G3	290.483	693.539	374.785	636.762	-65.076	34.700	-34.700	2030.269	1259.032	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	105.878	-80.481	89.690	-89.690	4985.705	4619.965	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	808.399	-70.892	105.824	-105.824	5769.216	4678.279	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	730.313	-92.949	121.080	-121.080	5715.058	4649.636	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	106.042	-80.747	122.758	-122.758	4831.853	4399.548	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	806.938	-73.576	139.806	-139.806	5620.198	4460.072	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	730.908	-94.687	154.170	-154.170	5571.053	4437.118	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	104.640	-84.878	118.022	-118.022	4623.974	4198.412	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	808.255	-82.496	134.766	-134.766	5412.009	4251.727	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	731.441	-104.069	149.162	-149.162	5362.526	4228.693	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	128.578	-83.441	75.866	-75.866	5433.398	5069.647	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	822.289	-64.251	94.075	-94.075	6178.824	5104.133	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	757.423	-89.449	104.508	-104.508	6185.631	5129.743	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	82.386	-69.091	27.931	-27.931	1832.846	1625.508	276
G2	462.611	1092.600	204.994	701.307	-42.813	31.470	-31.470	2492.982	1685.922	282
G3	345.718	818.606	436.852	646.883	-51.676	25.793	-25.793	2273.852	1523.708	288

d. 4차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	300.165	-80.228	36.308	-36.308	1763.846	1310.836	271
G2	381.286	915.174	157.983	713.000	-55.916	41.545	-41.545	2208.989	1356.983	277
G3	290.483	693.539	374.785	534.857	-80.510	34.700	-34.700	1928.364	1243.597	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	345.826	-94.199	89.690	-89.690	5225.652	4606.247	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	824.224	-80.682	105.824	-105.824	5785.042	4668.488	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	613.859	-99.146	121.080	-121.080	5598.604	4643.439	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	345.101	-95.354	122.758	-122.758	5070.912	4384.941	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	823.715	-83.249	139.806	-139.806	5636.976	4450.399	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	615.336	-100.421	154.170	-154.170	5455.481	4431.384	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	343.926	-101.605	118.022	-118.022	4863.259	4181.685	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	824.683	-93.260	134.766	-134.766	5428.437	4240.962	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	614.805	-108.384	149.162	-149.162	5245.889	4224.377	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	366.453	-96.024	75.866	-75.866	5671.273	5057.064	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	839.954	-72.077	94.075	-94.075	6196.489	5096.307	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	639.514	-99.535	104.508	-104.508	6067.722	5119.656	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	305.830	-75.886	27.931	-27.931	2056.290	1618.713	276
G2	462.611	1092.600	204.994	724.903	-49.024	31.470	-31.470	2516.578	1679.711	282
G3	345.718	818.606	436.852	540.719	-72.784	25.793	-25.793	2167.688	1502.600	288

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	8.888	-35.437	36.308	-36.308	1472.568	1355.627	271
G2	381.286	915.174	157.983	57.408	-34.307	41.545	-41.545	1553.396	1378.592	277
G3	290.483	693.539	374.785	530.783	-46.550	34.700	-34.700	1924.290	1277.557	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	12.412	-54.370	89.690	-89.690	4892.238	4646.076	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	143.661	-49.491	105.824	-105.824	5104.479	4699.680	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	1123.808	-64.424	121.080	-121.080	6108.553	4678.161	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	14.728	-60.000	122.758	-122.758	4740.540	4420.295	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	148.599	-70.758	139.806	-139.806	4961.859	4462.890	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	1147.427	-100.092	154.170	-154.170	5987.572	4431.713	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	11.082	-65.109	118.022	-118.022	4530.416	4218.181	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	146.612	-79.216	134.766	-134.766	4750.366	4255.007	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	1145.523	-113.193	149.162	-149.162	5776.608	4219.569	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	12.226	-56.273	75.866	-75.866	5317.046	5096.815	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	165.052	-45.668	94.075	-94.075	5521.587	5122.716	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	1185.922	-61.111	104.508	-104.508	6614.130	5158.081	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	7.777	-41.770	27.931	-27.931	1758.237	1652.829	276
G2	462.611	1092.600	204.994	64.607	-31.649	31.470	-31.470	1856.282	1697.086	282
G3	345.718	818.606	436.852	576.041	-37.479	25.793	-25.793	2203.010	1537.905	288

b. 2차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	19.373	-86.576	36.308	-36.308	1483.054	1304.488	271
G2	381.286	915.174	157.983	348.392	-50.249	41.545	-41.545	1844.380	1362.649	277
G3	290.483	693.539	374.785	692.868	-76.709	34.700	-34.700	2086.375	1247.399	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	37.235	-135.441	89.690	-89.690	4917.062	4565.005	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	739.379	-72.439	105.824	-105.824	5700.196	4676.731	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	1499.036	-107.320	121.080	-121.080	6483.781	4635.264	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	43.595	-153.281	122.758	-122.758	4769.407	4327.014	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	756.348	-109.721	139.806	-139.806	5569.608	4423.928	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	1532.894	-165.751	154.170	-154.170	6373.039	4366.054	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	38.397	-164.327	118.022	-118.022	4557.730	4118.963	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	752.332	-127.251	134.766	-134.766	5356.086	4206.971	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	1529.730	-187.908	149.162	-149.162	6160.815	4144.854	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1297.093	2910.075	1021.786	46.571	-134.991	75.866	-75.866	5351.391	5018.097	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	780.725	-63.621	94.075	-94.075	6137.260	5104.763	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	1596.402	-101.875	104.508	-104.508	7024.610	5117.316	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	381.612	984.970	355.948	17.514	-91.380	27.931	-27.931	1767.974	1603.219	276
G2	462.611	1092.600	204.994	375.442	-43.414	31.470	-31.470	2167.117	1685.321	282
G3	345.718	818.606	436.852	752.766	-60.786	25.793	-25.793	2379.735	1514.598	288

c. 3차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	312.657	813.799	300.916	95.858	-94.993	36.308	-36.308	1559.539	1296.071	271
G2	381.286	915.174	157.983	673.139	-68.795	41.545	-41.545	2169.127	1344.103	277
G3	290.483	693.539	374.785	653.283	-89.136	34.700	-34.700	2046.790	1234.972	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1203.090	2644.987	942.059	217.697	-139.992	89.690	-89.690	5097.523	4560.454	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1388.728	-100.456	105.824	-105.824	6349.545	4648.714	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	1445.177	-128.932	121.080	-121.080	6429.922	4613.653	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1157.255	2532.230	913.568	229.771	-174.496	122.758	-122.758	4955.583	4305.799	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1416.014	-152.348	139.806	-139.806	6229.274	4381.300	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	1481.957	-197.224	154.170	-154.170	6322.102	4334.581	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1094.903	2425.408	881.001	223.547	-193.274	118.022	-118.022	4742.880	4090.016	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1410.606	-176.461	134.766	-134.766	6014.360	4157.761	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	1478.034	-225.572	149.162	-149.162	6109.119	4107.189	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	252.642	-137.575	75.866	-75.866	5557.462	5015.513	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1449.941	-86.661	94.075	-94.075	6806.476	5081.723	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	1553.876	-122.803	104.508	-104.508	6982.084	5096.389	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	107.459	-93.409	27.931	-27.931	1857.919	1601.190	276
G2	462.611	1092.600	204.994	718.633	-61.390	31.470	-31.470	2510.308	1667.345	282
G3	345.718	818.606	436.852	709.791	-68.316	25.793	-25.793	2336.760	1507.067	288

d. 4차선 재하

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	312.657	813.799	300.916	323.741	-110.337	36.308	-36.308	1787.421	1280.727	271
G2	381.286	915.174	157.983	704.548	-76.601	41.545	-41.545	2200.536	1336.298	277
G3	290.483	693.539	374.785	550.524	-109.817	34.700	-34.700	1944.031	1214.291	283

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1203.090	2644.987	942.059	695.797	-154.756	89.690	-89.690	5575.624	4545.690	272
G2	1369.687	2914.275	571.032	1474.428	-114.092	105.824	-105.824	6435.245	4635.078	278
G3	1201.622	2458.244	1203.799	1213.036	-153.224	121.080	-121.080	6197.781	4589.360	284

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1157.255	2532.230	913.568	716.179	-205.525	122.758	-122.758	5441.990	4274.770	273
G2	1331.808	2811.680	529.966	1506.383	-172.235	139.806	-139.806	6319.643	4361.413	279
G3	1157.960	2351.176	1176.839	1245.767	-216.771	154.170	-154.170	6085.912	4315.034	285

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1094.903	2425.408	881.001	709.134	-229.011	118.022	-118.022	5228.468	4054.279	274
G2	1268.722	2703.897	496.369	1500.863	-199.794	134.766	-134.766	6104.617	4134.428	280
G3	1094.882	2244.070	1142.971	1240.285	-244.758	149.162	-149.162	5871.370	4088.003	286

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	1297.093	2910.075	1021.786	757.363	-151.631	75.866	-75.866	6062.183	5001.457	275
G2	1457.375	3159.600	645.484	1542.838	-96.282	94.075	-94.075	6899.373	5072.102	281
G3	1299.680	2720.252	1303.768	1307.069	-149.483	104.508	-104.508	6735.277	5069.709	287

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	381.612	984.970	355.948	352.730	-102.621	27.931	-27.931	2103.190	1591.978	276
G2	462.611	1092.600	204.994	762.447	-71.042	31.470	-31.470	2554.122	1657.693	282
G3	345.718	818.606	436.852	593.848	-96.949	25.793	-25.793	2220.817	1478.434	288

D. 최대 반력 집계

< A1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	312.657	813.799	300.916	745.698	-122.112	36.308	-36.308	2209.378	1268.951	271	2500
G2	381.286	915.174	157.983	803.430	-76.960	41.545	-41.545	2299.419	1335.939	277	2500
G3	290.483	693.539	374.785	692.868	-114.107	34.700	-34.700	2086.375	1210.001	283	2500

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	1203.090	2644.987	942.059	1564.612	-167.367	89.690	-89.690	6444.439	4533.079	272	6500
G2	1369.687	2914.275	571.032	1621.222	-118.344	105.824	-105.824	6582.039	4630.827	278	6500
G3	1201.622	2458.244	1203.799	1499.036	-159.708	121.080	-121.080	6483.781	4582.877	284	6500

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	1157.255	2532.230	913.568	1595.970	-233.664	122.758	-122.758	6321.781	4246.631	273	6500
G2	1331.808	2811.680	529.966	1656.330	-177.342	139.806	-139.806	6469.590	4356.306	279	6500
G3	1157.960	2351.176	1176.839	1532.894	-216.771	154.170	-154.170	6373.039	4315.034	285	6500

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	1094.903	2425.408	881.001	1590.802	-260.990	118.022	-118.022	6110.135	4022.300	274	6500
G2	1268.722	2703.897	496.369	1651.552	-206.168	134.766	-134.766	6255.306	4128.054	280	6500
G3	1094.882	2244.070	1142.971	1529.730	-244.758	149.162	-149.162	6160.815	4088.003	286	6500

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	1297.093	2910.075	1021.786	1659.836	-161.573	75.866	-75.866	6964.656	4991.515	275	7000
G2	1457.375	3159.600	645.484	1686.609	-97.666	94.075	-94.075	7043.144	5070.718	281	7000
G3	1299.680	2720.252	1303.768	1596.402	-162.545	104.508	-104.508	7024.610	5056.646	287	7000

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	381.612	984.970	355.948	807.531	-106.068	27.931	-27.931	2557.991	1588.531	276	3000
G2	462.611	1092.600	204.994	847.032	-74.872	31.470	-31.470	2638.707	1653.863	282	3000
G3	345.718	818.606	436.852	752.766	-114.113	25.793	-25.793	2379.735	1461.270	288	3000

< 단 면 - 1 > : 절점 1 로 부터 이격 거리 2.494 m

주부재사용강종 = SM490 B



RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

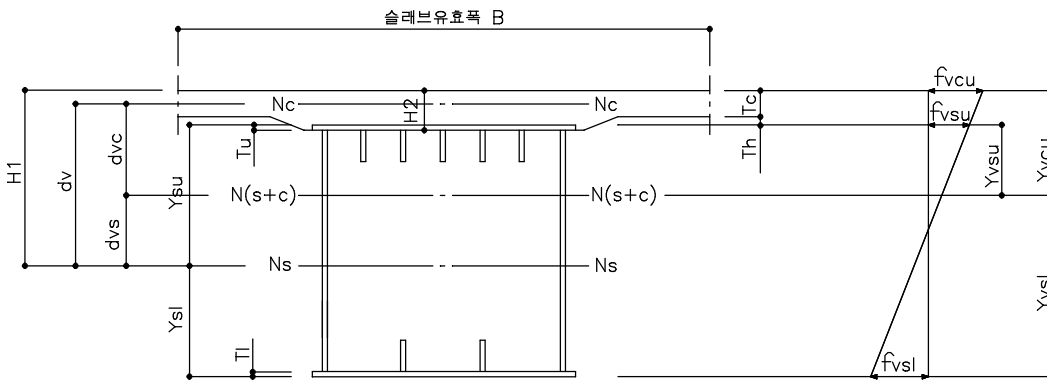
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1106.0	37161600	41100729600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1025.0	15067500	15444187500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2200.0	26400	0.0	0	0	10648000000
1 - R_WEB	12.0	2200.0	26400	0.0	0	0	10648000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1025.0	-6457500	6618937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1106.0	-37161600	41100729600	403200
강단면 합계			141000		8610000	1.04265E+11	21336181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1275.0	1735434375	2212678828125	7089192708

$$* A_s = 141000 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s =$	104264584200	+	21336181400.0	=	125600765600	mm ⁴
$\delta s = (\sum A \cdot Y) / A_s =$	8610000	/	141000	=	61.064	mm
$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 =$	125600765600	-	141000	$\times$	61.064 ²	= 125075006026 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2200.0	/ 2	+	12.0	- 61.064	= 1050.936 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1050.936	-	2224.000	=	-1173.064	mm
$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2)$						= 5777744.0 mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s =$	21.646					MPa
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s =$	-24.161					MPa
$u = S_s / A(Weib) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$					18.898	MPa

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} Av &= As + Ac/n = 311140.6 \text{ mm}^2 \\ Ic/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\ dv &= Y_{su} - Tu + Th + Tc/2 = 1213.9 \text{ mm} \\ dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 550.1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 663.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 675.1 \text{ mm} \\
YvcI &= Yvcu - Tc = 425.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 387.1 \text{ mm} \\
YvsI &= Yvsu - (H + Tu + TI) = -1836.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 239583074194 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 5818556.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.217 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot YvcI / (n \cdot Iv) = 0.137 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 0.997 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot YvsI / Iv = -4.730 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 4.999 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.554 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot YvcI / (n \cdot Iv) = 0.349 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 2.540 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot YvsI / Iv = -12.054 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 16.642 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 226070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 757.1 \text{ mm} & K = 0.929 \\
ds1 &= dv - dc1 = 456.8 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 882.1 \text{ mm} \\
Yv1cI &= Yv1cu - Tc = 632.1 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 594.1 \text{ mm} \\
Yv1sI &= Yv1su - (H + Tu + TI) = -1629.9 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 203707017731 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 241003 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 241003 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 182471315 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.217 \text{ MPa} \\
fcI &= Msc \cdot YvcI / (n \cdot Iv) = 0.137 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.105 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cI / Iv1) - Ec1 \cdot fcI \cdot \phi 1 / Ec = -0.037 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.560 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sI / Iv1 = -0.290 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$\begin{aligned}n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 197713.542 \text{ mm}^2 \\d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 865.7 \text{ mm} \\d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 348.2 \text{ mm} \\Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c / 2 = 990.7 \text{ mm} \\Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 740.7 \text{ mm} \\Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 702.7 \text{ mm} \\Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1521.3 \text{ mm} \\I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c / n_2 \cdot d_{c2}^2 = 184972435224.3 \text{ mm}^4 \\P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3215658 \text{ N} \\M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 2783866319 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c2} &= E_s \cdot \rho / n_2 = 8750 \text{ MPa} \\f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.108 \text{ MPa} \\f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.253 \text{ MPa} \\f_{vsu2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 26.089 \text{ MPa} \\f_{vsl2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = -5.006 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4287544 \text{ N} \\M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2358667969 \text{ N} \cdot \text{mm} \\f_{cut1} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.710 \text{ MPa} \\f_{clt1} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.996 \text{ MPa} \\f_{sut1} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 17.321 \text{ MPa} \\f_{slt1} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = -3.020 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 40.539 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수
 i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력
(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

★ 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	21.646	-24.161	177.975	190.000
1+2+3	0.771	0.486	10.800	10.800	25.183	-40.945	177.975	190.000
1+2+3+4	0.666	0.448	10.800	10.800	26.743	-41.235	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.441	-0.805	1.890	1.890	52.833	-46.241	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.151	-1.801	2.174	2.174	70.153	-49.261	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	0.268	0.191	12.420	12.420	35.512	-43.221	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{70.153}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{40.539}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.092 + 0.136 = 0.228 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-46.241}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{40.539}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.059 + 0.136 = 0.195 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (220 \times 1.200) = 8.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/21.646)} = 2.963 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 2.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/70.153)} = 1.646 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.217 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 0.771 - 0.217 = 0.554 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.217 + 2.15 \times 0.554 + (-0.105) + (-1.108) + (0.71) = 0.970 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.217 + 2.15 \times 0.554 + (0.71) = 2.183 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 21.646 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.997 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 25.183 - 21.646 - 0.997 = 2.540 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (21.646 + 0.997) + 2.15 \times 2.54 + (1.56) + (26.089) + (17.321) = 79.867 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (21.646 + 0.997) + 2.15 \times 2.54 + (17.321) = 52.217 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -24.161 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -4.730 \text{ MPa}$$

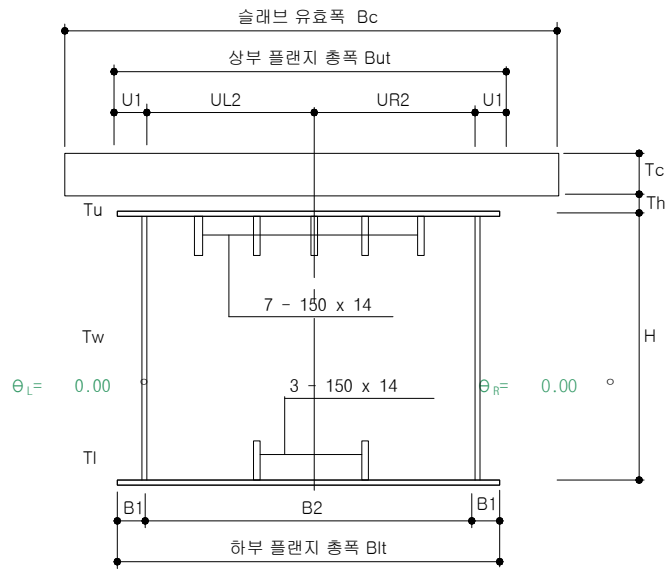
$$\text{합성후 활하중 응력} = -40.945 - (-24.161) - (-4.73) = -12.054 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-24.161 + -4.73) + 2.15 \times -12.054 + (-0.29) + (-5.006) + (-3.02) = -71.790 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-24.161 + -4.73) + 2.15 \times -12.054 + (-3.02) = -66.494 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 2 > : 절점 51 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 5.445 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 TI = 0.012 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	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		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	10670.081
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2501.039
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4728.635
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	629.950
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	143.896
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	438.940
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	140.919
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	53.175
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	850.714

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

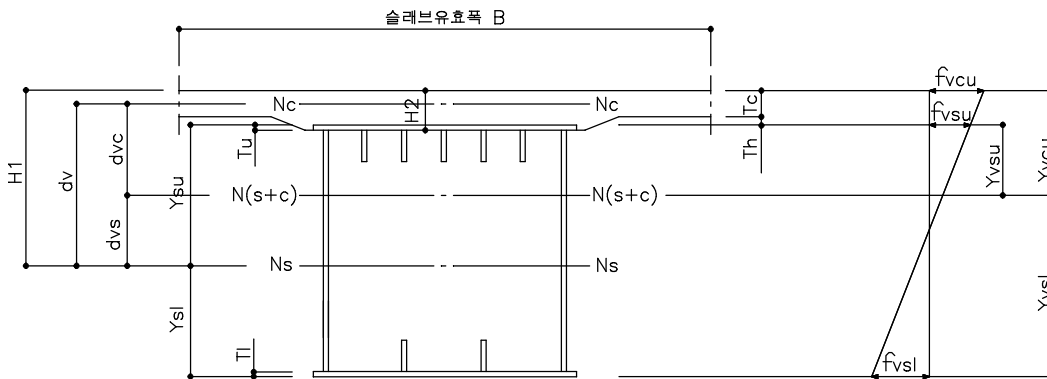
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 145800 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 80.853 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -89.990 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.869 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 604.6 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 705.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 729.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 479.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 441.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1982.4 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.795 & \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.522 & \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 3.848 & \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -17.272 & \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 2.848 & \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.502 & \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.988 & \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 7.275 & \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -32.655 & \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 13.211 & \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 230870.3 & \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 827.4 & \text{ mm} & K = 0.728 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 482.8 & \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 952.4 & \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 702.4 & \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 664.4 & \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1759.6 & \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 244056617804 & \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 896279 & \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 896279 & \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc_1 = & 741592827 & \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.795 & \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.522 & \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.420 & \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.183 & \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 5.352 & \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & -0.010 & \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 202513.542 & \text{ mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 943.3 & \text{ mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 366.9 & \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1068.3 & \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 818.3 & \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 780.3 & \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1643.7 & \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 221777213252.0 & \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3033234363 & \text{ N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{25} = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.258 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.361 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 23.648 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -0.488 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.908 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.114 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.474 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 0.538 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 27.927 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	80.853	-89.990	177.975	190.000
1+2+3	2.297	1.510	10.800	10.800	91.976	-139.917	177.975	190.000
1+2+3+4	1.877	1.327	10.800	10.800	97.328	-139.927	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.619	-0.034	10.800	1.890	120.976	-140.415	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.289	-1.148	2.174	2.174	137.450	-139.877	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.527	1.080	12.420	12.420	104.501	-140.952	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{137.450}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{27.927}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.353 + 0.064 = 0.417 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-140.415}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{27.927}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.546 + 0.064 = 0.611 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/80.853)} = 1.533 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.176) = 3.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/137.45)} = 1.176 < 1.2 \Rightarrow 1.176$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.795 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.297 - 0.795 = 1.502 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.795 + 2.15 \times 1.502 + (-0.42) + (-1.258) + (0.908)$$

$$= 3.493 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.795 + 2.15 \times 1.502 + (0.908)$$

$$= 5.171 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 80.853 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.848 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 91.976 - 80.853 - 3.848 = 7.275 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.853 + 3.848) + 2.15 \times 7.275 + (5.352) + (23.648) + (16.474)$$

$$= 171.226 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.853 + 3.848) + 2.15 \times 7.275 + (16.474)$$

$$= 142.227 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -89.990 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -17.272 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -139.917 - -89.99 - -17.272 = -32.655 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.99 + -17.272) + 2.15 \times -32.655 + (-0.01) + (-0.488) + (-0.538)$$

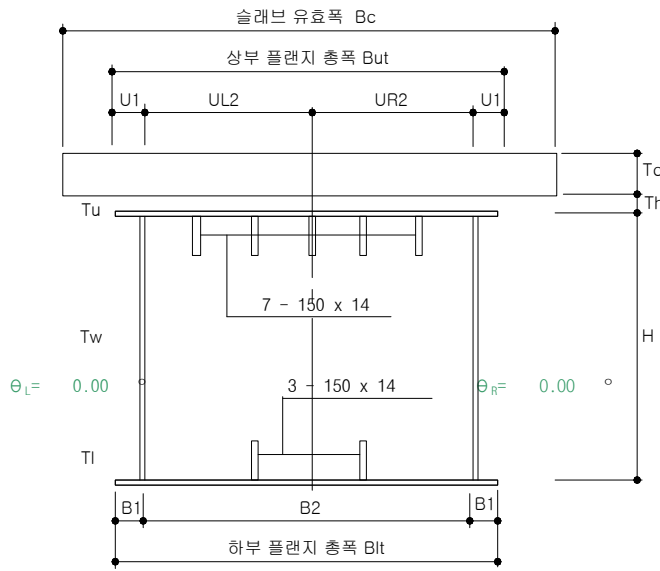
$$= -210.684 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.99 + -17.272) + 2.15 \times -32.655 + (-0.538)$$

$$= -210.186 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 3 > : 절점 49 로 부터 이격 거리 1.247 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
TI = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		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	13342.242
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3132.956
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6256.412
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-30.809
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-4.929
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-375.220
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	34.035
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	6.845
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	510.015

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

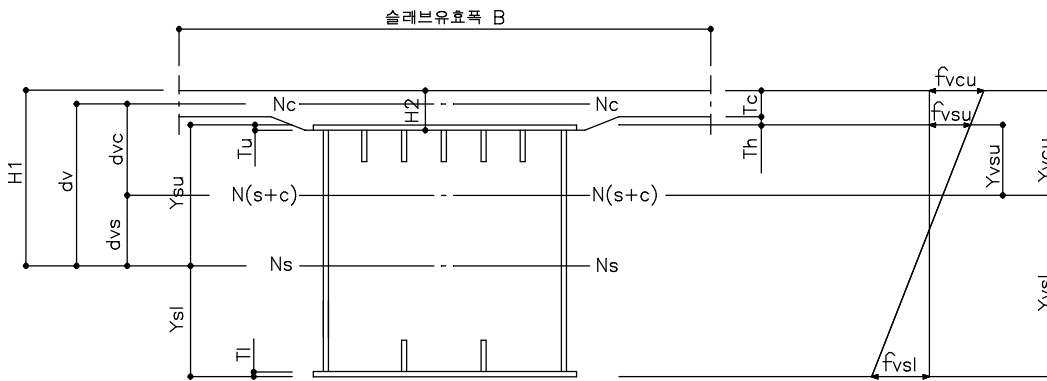
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 162600 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 96.954 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -87.191 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.760 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 704.9 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 829.9 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 579.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 541.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1888.1 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.929 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.649 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 4.851 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -16.904 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 0.130 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.855 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 1.296 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 9.688 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -33.758 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 9.861 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 247670.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 947.0 & \text{mm} & K = 0.493 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 495.4 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 1072.0 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 822.0 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 784.0 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1646.0 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 292709122641 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 1073692 & \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 1073692 & \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot dc_1 = & 1016757102 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.929 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.649 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.543 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.290 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 5.678 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 1.516 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 219313.542 & \text{mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 1069.4 & \text{mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 373.0 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1194.4 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 944.4 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 906.4 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1523.6 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 263844362605.3 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3438869897 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{25} = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.432 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.499 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 20.487 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 4.872 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.152 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.285 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.193 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 4.846 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 10.752 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	96.954	-87.191	177.975	190.000
1+2+3	2.783	1.945	10.800	10.800	111.493	-137.853	177.975	190.000
1+2+3+4	2.240	1.655	10.800	10.800	117.171	-136.336	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.809	0.156	10.800	10.800	137.657	-131.464	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.343	-1.129	2.174	2.174	152.850	-126.618	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.960	1.441	12.420	12.420	122.465	-136.311	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 참조 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{137.657}{204.671}\right)^2 + \left(\frac{10.752}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.452 + 0.010 = 0.462 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-137.853}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.752}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.526 + 0.010 = 0.536 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/96.954)} = 1.400 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.115) = 4.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/152.85)} = 1.115 < 1.2 \Rightarrow 1.115$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.929 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.783 - 0.929 = 1.855 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.929 + 2.15 \times 1.855 + (-0.543) + (-1.432) + (1.152)$$

$$= 4.372 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.929 + 2.15 \times 1.855 + (1.152) \\ = 6.347 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

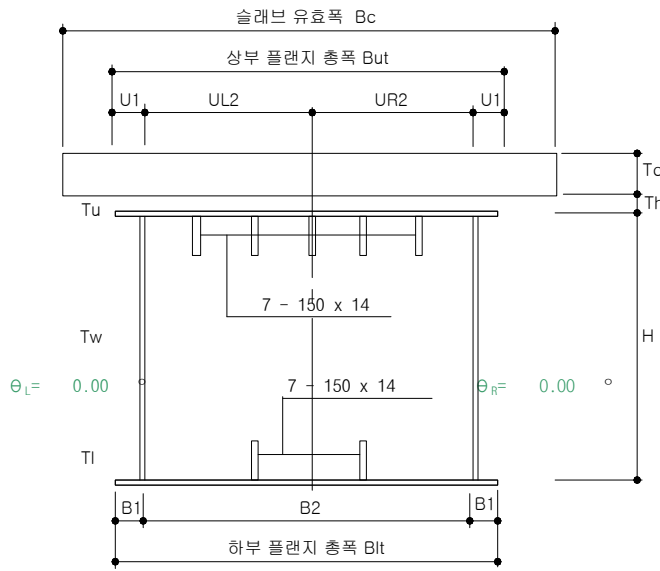
$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= 96.954 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.851 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= 111.493 - 96.954 - 4.851 = 9.688 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (96.954 + 4.851) + 2.15 \times 9.688 + (5.678) + (20.487) + (15.193) \\ &= 194.533 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (96.954 + 4.851) + 2.15 \times 9.688 + (15.193) \\ &= 168.368 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= -87.191 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -16.904 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -137.853 - -87.191 - -16.904 = -33.757 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-87.191 + -16.904) + 2.15 \times -33.757 + (1.516) + (4.872) + (-4.846) \\ &= -206.360 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-87.191 + -16.904) + 2.15 \times -33.757 + (-4.846) \\ &= -212.749 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

< 단 면 - 4 > : 절점 46 로 부터 이격 거리 2.494 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
TI = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팅창계수		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	6227.846
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1546.498
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	5383.950
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-998.926
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-222.752
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-524.141
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-123.511
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-43.833
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-696.312

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

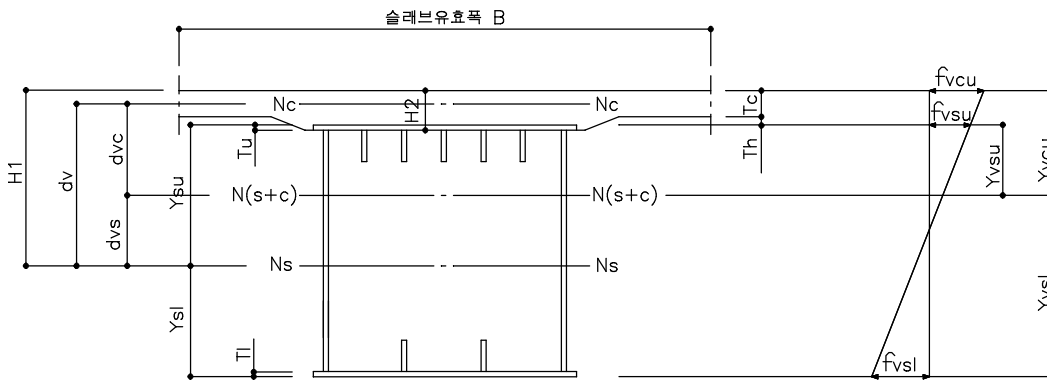
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			171000		-20412000	1.59747E+11	27704889000
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 171000 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 159747147000 + 27704889000.0 = 187452036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -20412000 / 171000 = -119.368 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 187452036000 - 171000 \times (-119.368)^2 = 185015487789 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-119.368) = 1331.368 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1331.368 - 2430.000 = -1098.632 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL/2 + UR/2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 44.815 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -36.981 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 18.158 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 341140.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1494.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 749.1 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 745.3 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 874.1 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 624.1 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 586.1 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1843.9 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 376353864347 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL/2 + UR/2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.449 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.321 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.408 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -7.577 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.155 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.563 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.116 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.384 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -26.378 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.670 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 256070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 997.9 \text{ mm} & K = 0.149 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = 496.5 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = 1122.9 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 872.9 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 834.9 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1595.1 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = 312320187325 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 523699 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 523699 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot dc_1 = 522607837 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.449 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.321 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = -0.304 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = -0.179 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.253 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.647 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 227713.542 \text{ mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1122.2 \text{ mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = 372.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = 1247.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 997.2 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 959.2 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1470.8 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = 280417192319.9 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = 3608566906 \text{ N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{s2} = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cu}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.674 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cl}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.694 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2su}/lv_2 = 15.961 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2sl}/lv_2 = 11.301 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 Mvt &= P_1 \cdot dvc = 3211655215 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cu}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.494 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cl}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.534 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{su}/lv = 13.313 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{sl}/lv = 10.224 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/Aw + (M_{st}/(2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 35.983 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	44.815	-36.981	177.975	190.000
1+2+3	2.012	1.437	10.800	10.800	55.608	-70.937	177.975	190.000
1+2+3+4	1.708	1.257	10.800	10.800	57.861	-69.289	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.034	-0.437	10.800	1.890	73.822	-57.988	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.460	-1.971	2.174	2.174	87.135	-47.764	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.528	1.097	12.420	12.420	60.508	-68.212	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{87.135}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{35.983}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.142 + 0.107 = 0.249 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-70.937}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{35.983}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.139 + 0.107 = 0.246 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/44.815)} = 2.059 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/87.135)} = 1.477 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.449 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.012 - 0.449 = 1.563 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.449 + 2.15 \times 1.563 + (-0.304) + (-1.674) + (1.494)$$

$$= 3.460 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.449 + 2.15 \times 1.563 + (1.494) \\ = 5.438 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

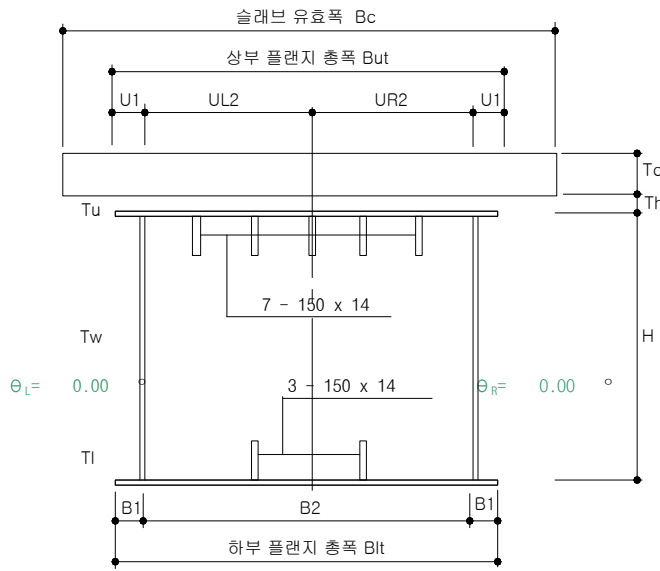
$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= 44.815 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.408 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= 55.608 - 44.815 - 2.408 = 8.384 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (44.815 + 2.408) + 2.15 \times 8.384 + (2.253) + (15.961) + (13.313) \\ &= 110.944 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (44.815 + 2.408) + 2.15 \times 8.384 + (13.313) \\ &= 92.730 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= -36.981 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.577 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -70.937 - (-36.981) - (-7.577) = -26.379 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-36.981 + -7.577) + 2.15 \times -26.379 + (1.647) + (11.301) + (-10.224) \\ &= -111.915 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-36.981 + -7.577) + 2.15 \times -26.379 + (-10.224) \\ &= -124.863 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

< 단 면 - 10 > : 절점 15 로 부터 이격 거리 3.741 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.014 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 : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
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	5912.915
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1392.281
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4756.903
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	59.302
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	14.961
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	417.238
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	6.735
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	15.949
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	391.319

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

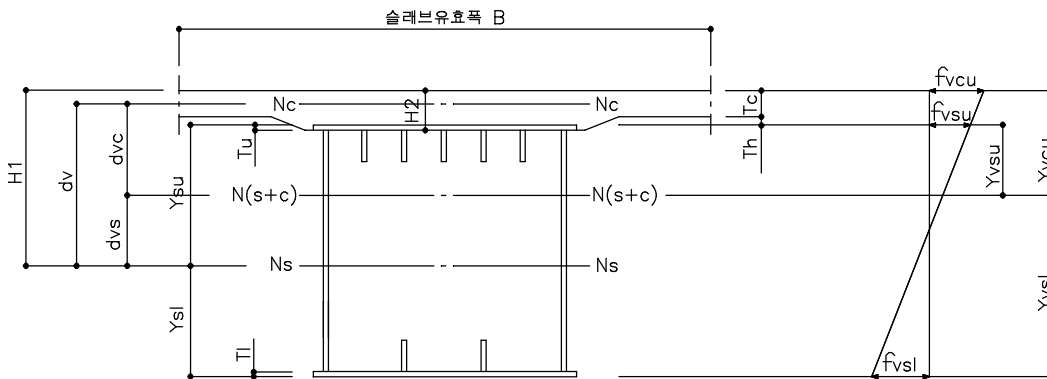
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	14.0	39200	-1207.0	-47314400	57108480800	640266.6667
강단면 합계			157000		9450000	1.40795E+11	27688655533
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 157000 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140795086600 + 27688655533.3 = 168483742133 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 157000 = 60.191 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 168483742133 - 157000 \times 60.191^2 = 167914936401 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + t_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 14.0 - 60.191 = 1153.809 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1153.809 - 2428.000 = -1274.191 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 40.630 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -44.869 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 1.074 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - t_u + t_h + t_c/2 = 1314.8 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 631.0 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 683.8 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= d_{vc} + t_c/2 = 756.0 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - t_c = 506.0 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + t_u = 470.0 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1958.0 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_{c/n} \cdot d_{vc}^2 = 309956804611 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (t_u + t_c/n)/2 + t_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.424 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.284 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 2.111 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -8.795 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 0.364 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.450 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.971 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 7.213 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -30.049 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 9.813 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 242070.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 852.7 & \text{mm} & K = -0.099 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 462.1 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 977.7 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 727.7 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 691.7 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1736.3 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 263738914326 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 482238 & \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 482238 & \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc_1 = & 411227663 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.424 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.284 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.309 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.167 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 1.885 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 2.260 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 213713.542 & \text{mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 965.9 & \text{mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 348.9 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1090.9 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 840.9 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 804.9 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1623.1 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 240234721527.4 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3105990190 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cu}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.794 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cl}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.780 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2su}/lv_2 = 14.016 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2sl}/lv_2 = 17.124 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 Mvt &= P_1 \cdot dvc = 2705430481 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cu}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.648 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cl}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.621 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{su}/lv = 12.700 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{sl}/lv = 14.798 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/Aw + (M_{st}/(2 F Tw) + (M_{sct} + Mvt)/(2 F_v Tw)) = 11.251 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 14.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	40.630	-44.669	190.000	190.000
1+2+3	1.875	1.255	10.800	10.800	49.954	-83.714	190.000	190.000
1+2+3+4	1.565	1.088	10.800	10.800	51.840	-81.453	218.500	190.000
1+2+3+4+5	-0.228	-0.692	1.890	1.890	65.856	-64.329	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.876	-2.313	2.174	2.174	78.556	-49.531	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.419	0.928	12.420	12.420	53.156	-79.127	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{78.556}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{11.251}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.101 + 0.010 = 0.112 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-83.714}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.251}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.194 + 0.010 = 0.205 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/40.63)} = 2.162 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.556)} = 1.555 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.424 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.875 - 0.424 = 1.450 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.424 + 2.15 \times 1.45 + (-0.309) + (-1.794) + (1.648)$$

$$= 3.214 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.424 + 2.15 \times 1.45 + (1.648)$$

$$= 5.317 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.630 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.111 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 49.954 - 40.63 - 2.111 = 7.213 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.63 + 2.111) + 2.15 \times 7.213 + (1.885) + (14.016) + (12.7)$$

$$= 99.673 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.63 + 2.111) + 2.15 \times 7.213 + (12.7)$$

$$= 83.771 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -44.869 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.795 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -83.714 - -44.869 - -8.795 = -30.049 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.869 + -8.795) + 2.15 \times -30.049 + (2.26) + (17.124) + (-14.798)$$

$$= -129.783 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.869 + -8.795) + 2.15 \times -30.049 + (-14.798)$$

$$= -149.168 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 5.445 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 m

TI = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

[illegible]

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-7240.285
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-1482.699
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-4143.079
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1289.332
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	282.540
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	712.692
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-18.367
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	96.075
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	768.322
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

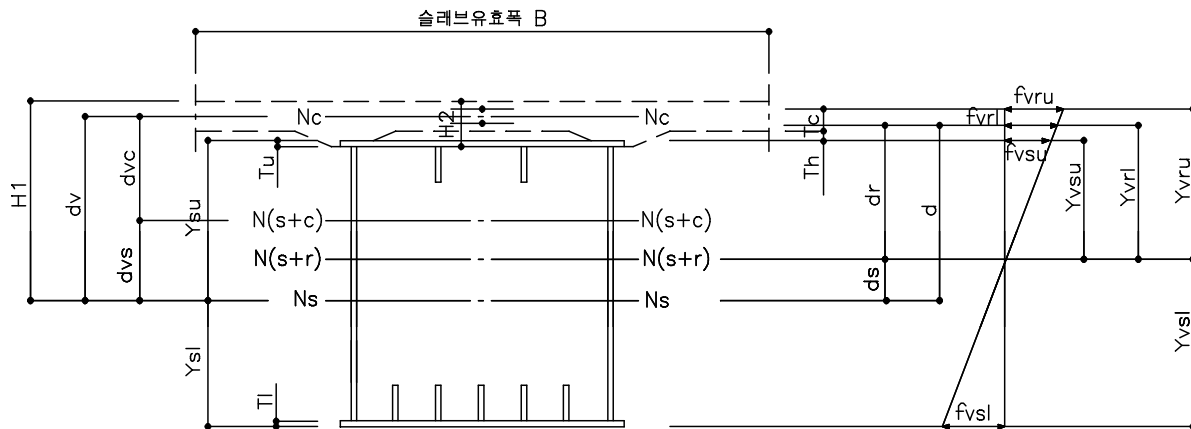
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	18.0	50400	1209.00	60933600	73668722400	1360800
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.00	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			187800		0	184546819800	27705846600
UPPER RE-BAR	-	-	21076	1440.00	30348950	43702488576	-
LOWER RE-BAR	-	-	21076	1290.00	27187601	35072005806	-
RE-BAR 합계			42151		57536552	78774494382	-
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.00	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 187800 mm² , Ac = 1361125 mm² , Ar = 42151 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 184546819800 + 27705846600 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 187800 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 212252666400 - 187800 \times 0.000^2 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 18.0 - 0.000 = 1218.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1218.000 - 2436.000 = -1218.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6315816.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -41.548 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 41.548 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 22.505 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 229951 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\
d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1114.788 \text{ mm} \\
d_s &= d - d_r = 250.212 \text{ mm} \\
Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1189.788 \text{ mm} \\
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1039.788 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 967.788 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1468.212 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 276393730884 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6356628.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -6.383 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -5.578 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -5.192 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 7.876 \text{ MPa} \\
\sigma &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.535 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -17.835 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -15.586 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -14.507 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 22.008 \text{ MPa} \\
\sigma &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 17.409 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 357940.625 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 721.419 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 653.581 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 272870.313 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 946.329 \text{ mm} \quad K = -0.226 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 428.671 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 381909890229.2 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -476527 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -476527 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -450951053 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.634 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.689 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.715 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.614 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 244513.542 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1056.076 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 318.924 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3215658 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3395980578 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/Irv = 10.680 \text{ MPa}$$

$$fvrl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/Irv = 11.097 \text{ MPa}$$

$$fv su2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/Irv = 11.297 \text{ MPa}$$

$$fv sl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/Irv = 18.061 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4287544 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3093113515 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/Irv - Es \cdot \epsilon t = -9.564 \text{ MPa}$$

$$frlt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/Irv - Es \cdot \epsilon t = -9.184 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Irv = 16.198 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Irv = 22.359 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 45.207 \text{ MPa} < ua = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 213.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 674.840 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-41.548	41.548	190.000	190.000
1+2+3	-24.217	-21.164	160.000	-61.247	71.432	190.000	190.000
1+2+3+4	-25.851	-22.853	160.000	-62.962	68.819	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-15.171	-11.756	160.000	-51.665	86.880	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-24.734	-20.941	184.000	-35.468	109.238	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-5.607	-2.572	184.000	-67.863	64.521	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-62.962}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.207}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.110 + 0.169 = 0.279 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{109.238}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{45.207}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.250 + 0.169 = 0.419 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

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

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

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

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/41.548)} = 2.138 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/109.238)} = 1.319 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -6.383 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -24.217 - -6.383 = -17.835 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.383 + 2.15 \times -17.835 + (-1.634) + (10.68) + (-9.564)$$

$$= -47.159 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.383 + 2.15 \times -17.835 + (-9.564)$$

$$= -56.206 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -41.548 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -5.192 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -61.247 - -41.548 - -5.192 = -14.507 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.548 + -5.192) + 2.15 \times -14.507 + (-1.715) + (11.297) + (-16.198)$$

$$= -98.568 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.548 + -5.192) + 2.15 \times -14.507 + (-16.198)$$

$$= -108.149 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 41.548 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 7.876 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 71.432 - 41.548 - 7.876 = 22.008 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.548 + 7.876) + 2.15 \times 22.008 + (-2.614) + (18.061) + (22.359)$$

$$= 149.375 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.548 + 7.876) + 2.15 \times 22.008 + (22.359)$$

$$= 133.928 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.732 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
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	-14663.475
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3137.525
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-6582.830
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1661.972
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	369.500
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	852.109
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-81.726
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	98.523
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	802.911
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

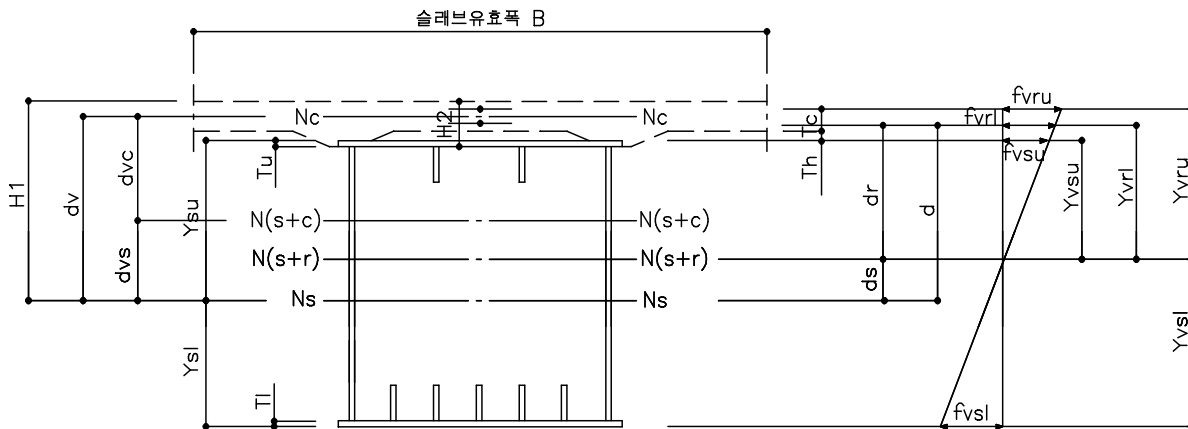
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단면제원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			196136		-9450000	199232077122	27693016733
UPPER RE-BAR	-	-	18316	1440.00	26374738	37979622144	-
LOWER RE-BAR	-	-	18316	1290.00	23627369	30479306139	-
RE-BAR 합계			36632		50002107	68458928283	-
1 - RC SLAB	4731.5	250.0	1182885	1375.00	1626466666	2236391666223	6160858585

$$* A_s = 196136 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1182885 \text{ mm}^2, \quad A_r = 36632 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 199232077122 + 27693016733 = 226925093855 \text{ mm}^4$$

$$\delta_s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{196136} = -48.181 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 226925093855 - 196136 \times -48.181^2 = 226469785021 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 48.181 = 1272.181 \text{ mm}$$

$$Y_{SI} = Y_{SU} - (H + T_u + T_l) = 1272.181 - 2448.000 = -1175.819 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -82.371 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 76.132 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 29.392 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 232768 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1413.181 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1190.783 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 222.398 \text{ mm} \\
Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1265.783 \text{ mm} \\
Y_{vrl} &= dr - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1115.783 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1049.783 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1398.217 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot ds^2 + A_r \cdot dr^2 = 288113099746 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -13.784 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -12.151 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -11.432 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.226 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 7.059 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -28.921 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -25.493 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -23.986 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 31.947 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 20.044 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 343996.708 \text{ mm}^2 \\
dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1423.181 \text{ mm} \\
d_{vc} &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 811.453 \text{ mm} \\
d_{vs} &= dv - d_{vc} = 611.728 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 270066.405 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= dv \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1033.587 \text{ mm} \quad K = -0.261 \\
d_{s1} &= dv - d_{c1} = 389.594 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 397995865832.5 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -945855 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -945855 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -977623238 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.943 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -3.075 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.134 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -5.302 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 245422.971 \text{ mm}^2 \\d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1137.372 \text{ mm} \\d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 285.809 \text{ mm} \\P_2 &= E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2794565 \text{ N} \\M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3178459649 \text{ N} \cdot \text{mm} \\f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.361 \text{ MPa} \\f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.793 \text{ MPa} \\f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.983 \text{ MPa} \\f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.032 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(6) 온 도 차

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\P_1 &= E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_c/n = 3726087 \text{ N} \\M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3023544475 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{rt} &= E_s \cdot \varepsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t = -12.659 \text{ MPa} \\f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t = -12.248 \text{ MPa} \\f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.132 \text{ MPa} \\f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.837 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 55.419 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-82.371	76.132	190.000	190.000
1+2+3	-42.705	-37.644	160.000	-117.789	123.305	190.000	190.000
1+2+3+4	-45.647	-40.720	160.000	-120.923	118.003	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-37.286	-31.927	160.000	-111.939	134.035	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-49.946	-44.175	184.000	-98.807	153.872	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-24.627	-19.678	184.000	-125.072	114.197	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-120.923}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.419}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.405 + 0.254 = 0.659 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{134.035}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.419}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.498 + 0.254 = 0.751 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/76.132)} = 1.580 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.111) = 9.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/153.872)} = 1.111 < 1.2 \Rightarrow 1.111$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.784 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -42.705 - 13.784 = -28.921 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.784 + 2.15 \times -28.921 + (-2.943) + (8.361) + (-12.659)$$

$$= -87.340 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.784 + 2.15 \times -28.921 + (-12.659)$$

$$= -92.758 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -82.371 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.432 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -117.789 - 82.371 - 11.432 = -23.986 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-82.371 + -11.432) + 2.15 \times -23.986 + (-3.134) + (8.983) + (-13.132)$$

$$= -180.796 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-82.371 + -11.432) + 2.15 \times -23.986 + (-13.132)$$

$$= -186.646 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 76.132 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 15.226 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 123.305 - 76.132 - 15.226 = 31.947 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (76.132 + 15.226) + 2.15 \times 31.947 + (-5.302) + (16.032) + (19.837)$$

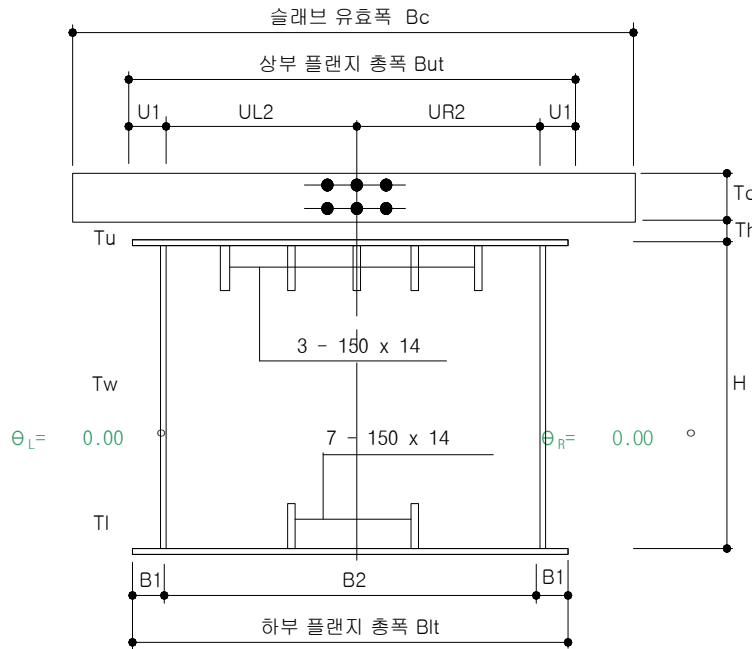
$$= 218.019 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (76.132 + 15.226) + 2.15 \times 31.947 + (19.837)$$

$$= 207.289 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 7 > : 절점 43 로 부터 이격 거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 4.732 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.030 m
 Tl = 0.030 m
 Tw = 0.014 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수		4
n : 강과 콘크리트 의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트 의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-22120.823
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4887.342
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-9597.301
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-2247.317
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-521.082
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-975.626
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-55.093
Msc t : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-76.581
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-873.348
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

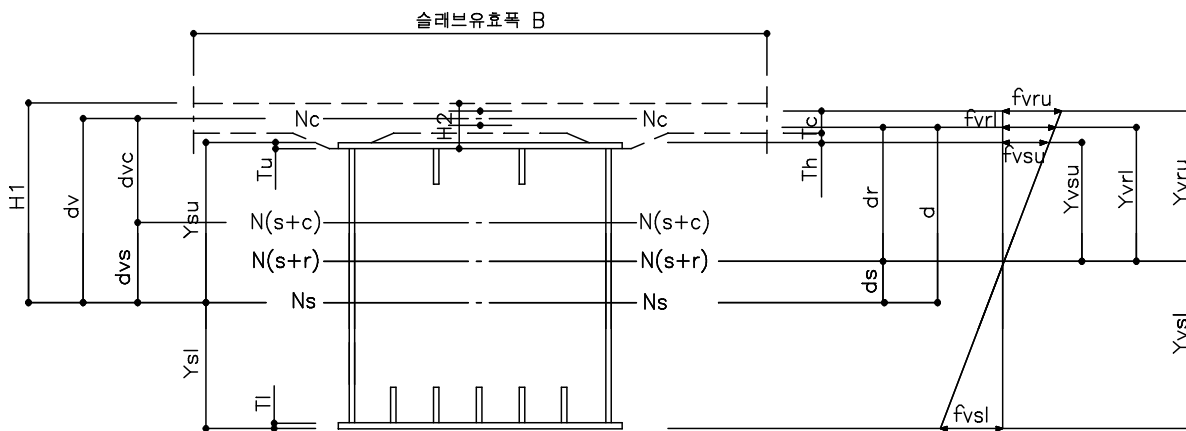
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	30.0	73460	1215.00	89253978	108443582801	5509505
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	30.0	73460	-1215.00	-89253978	108443582801	5509505
강단면 합계			235120		-9450000	243465290603	32306394010
UPPER RE-BAR	-	-	18316	1440.00	26374738	37979622144	-
LOWER RE-BAR	-	-	18316	1290.00	23627369	30479306139	-
RE-BAR 합계			36632		50002107	68458928283	-
1 - RC SLAB	4731.5	250.0	1182885	1375.00	1626466666	2236391666223	6160858585

* As = 235120 mm² , Ac = 1182885 mm² , Ar = 36632 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 243465290603 + 32306394010 = 275771684612 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 235120 = -40.192 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 275771684612 - 235120 \times (-40.192)^2 = 275391868129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 30.0 - (-40.192) = 1270.192 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1270.192 - 2460.000 = -1189.808 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6352020.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -102.028 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 95.571 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 33.752 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 271752 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1405.192 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1215.775 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 189.417 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1290.775 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1140.775 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1080.775 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1379.225 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 337973178386 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6392863.8 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -18.666 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -16.496 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -15.629 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 19.945 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.182 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -36.654 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -32.394 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -30.690 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 39.165 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.397 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 382980.734 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1415.192 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 868.817 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 546.375 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 309050.431 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1076.653 \text{ mm} \quad K = -0.289 \\
ds1 &= dv - dc1 = 338.539 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 457962959253.1 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1370955 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1370955 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1476043180 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.416 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.605 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.681 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -6.786 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\Av2 &= As + Ac/n2 = 284406.996 \text{ mm}^2 \\dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1169.944 \text{ mm} \\ds2 &= dv - dc2 = 245.249 \text{ mm} \\P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 2794565 \text{ N} \\Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3269484266 \text{ N} \cdot \text{mm} \\fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 6.675 \text{ MPa} \\fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 7.094 \text{ MPa} \\fv su2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 7.262 \text{ MPa} \\fv sl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 14.139 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(6) 온 도 차

$$\begin{aligned}\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3726087 \text{ N} \\Mvt &= P1 \cdot dvc = 3237287999 \text{ N} \cdot \text{mm} \\Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa} \\frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -15.062 \text{ MPa} \\frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \epsilon t = -14.647 \text{ MPa} \\fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 10.720 \text{ MPa} \\fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 17.529 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 61.331 \text{ MPa} < u a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 241.350$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1874.556 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 30.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-102.028	95.571	190.000	190.000
1+2+3	-55.319	-48.891	160.000	-148.347	154.681	190.000	190.000
1+2+3+4	-58.735	-52.496	160.000	-152.028	147.895	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-52.060	-45.401	160.000	-144.766	162.035	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-67.122	-60.048	184.000	-134.046	179.564	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-36.998	-30.755	184.000	-155.486	144.506	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-152.028}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.331}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.640 + 0.311 = 0.951 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{162.035}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.331}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.727 + 0.311 = 1.038 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/95.571)} = 1.410 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.029) = 10.6 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/179.564)} = 1.029 < 1.2 \Rightarrow 1.029$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -18.666 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -55.319 - -18.666 = -36.654 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.666 + 2.15 \times -36.654 + (-3.416) + (6.675) + (-15.062)$$

$$= -114.873 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.666 + 2.15 \times -36.654 + (-15.062)$$

$$= -118.132 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -102.028 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -15.629 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -148.347 - -102.028 - -15.629 = -30.690 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-102.028 + -15.629) + 2.15 \times -30.69 + (-3.681) + (7.262) + (-10.72)$$

$$= -226.077 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-102.028 + -15.629) + 2.15 \times -30.69 + (-10.72)$$

$$= -229.658 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 95.571 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 19.945 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 154.681 - 95.571 - 19.945 = 39.166 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (95.571 + 19.945) + 2.15 \times 39.166 + (-6.786) + (14.139) + (17.529)$$

$$= 259.259 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (95.571 + 19.945) + 2.15 \times 39.166 + (17.529)$$

$$= 251.906 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.732 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

[illegible]

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-16785.853
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3627.362
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-7391.677
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1755.952
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	418.424
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	925.336
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-139.249
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	9.262
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-856.204
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1128.278 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 196.039 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1203.278 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1053.278 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 993.278 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1460.722 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 303430265569 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6380136.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -14.385 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -12.591 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.874 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 17.462 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.325 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -29.312 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -25.658 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -24.197 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 35.584 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.656 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 358688.721 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1334.317 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 784.278 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 550.039 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 284758.418 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 987.895 \text{ mm} \quad K = -0.269 \\
ds1 &= dv - dc1 = 346.422 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 404198000572.4 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1040684 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1040684 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1028087506 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.109 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.245 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.300 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.537 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 260114.984 \text{ mm}^2 \\d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1081.489 \text{ mm} \\d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 252.828 \text{ mm} \\P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2794565 \text{ N} \\M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3022292495 \text{ N} \cdot \text{mm} \\f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.069 \text{ MPa} \\f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.471 \text{ MPa} \\f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.632 \text{ MPa} \\f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.207 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(6) 온 도 차

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3726087 \text{ N} \\M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2922287086 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.260 \text{ MPa} \\f_{rllt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.871 \text{ MPa} \\f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.484 \text{ MPa} \\f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.842 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 60.261 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-80.274	85.361	190.000	190.000
1+2+3	-43.697	-38.250	160.000	-116.344	138.407	190.000	190.000
1+2+3+4	-46.806	-41.495	160.000	-119.645	132.870	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-38.737	-33.024	160.000	-111.013	148.077	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-51.997	-45.896	184.000	-98.529	166.918	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-25.477	-20.153	184.000	-123.497	129.235	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-119.645}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{60.261}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.397 + 0.300 = 0.697 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{148.077}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{60.261}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.607 + 0.300 = 0.907 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/85.361)} = 1.492 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.067) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/166.918)} = 1.067 < 1.2 \Rightarrow 1.067$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -14.385 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -43.697 - -14.385 = -29.312 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -14.385 + 2.15 \times -29.312 + (-3.109) + (8.069) + (-13.26)$$

$$= -90.021 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -14.385 + 2.15 \times -29.312 + (-13.26)$$

$$= -94.981 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -80.274 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.874 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -116.344 - -80.274 - -11.874 = -24.196 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.274 + -11.874) + 2.15 \times -24.196 + (-3.3) + (8.632) + (-12.484)$$

$$= -178.967 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.274 + -11.874) + 2.15 \times -24.196 + (-12.484)$$

$$= -184.299 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 85.361 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 17.462 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 138.407 - 85.361 - 17.462 = 35.583 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (85.361 + 17.462) + 2.15 \times 35.583 + (-5.537) + (15.207) + (18.842)$$

$$= 238.686 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (85.361 + 17.462) + 2.15 \times 35.583 + (18.842)$$

$$= 229.016 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.732 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

슬래브 유효폭 Bc

상부 플랜지 총폭 But

U1 UL2 UR2 U1

Tu

Tw

7 - 150 x 14

7 - 150 x 14

$\Theta_L = 0.00$

$\Theta_R = 0.00$

T1

B1 B2 B1

하부 플랜지 총폭 BIt

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-8922.069
M_{sc} : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-1856.005
M_v : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-4639.095
S_s : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1408.964
S_{sc} : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	315.667
S_v : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	766.905
M_{st} : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-112.299
M_{sct} : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	52.287
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-727.989
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

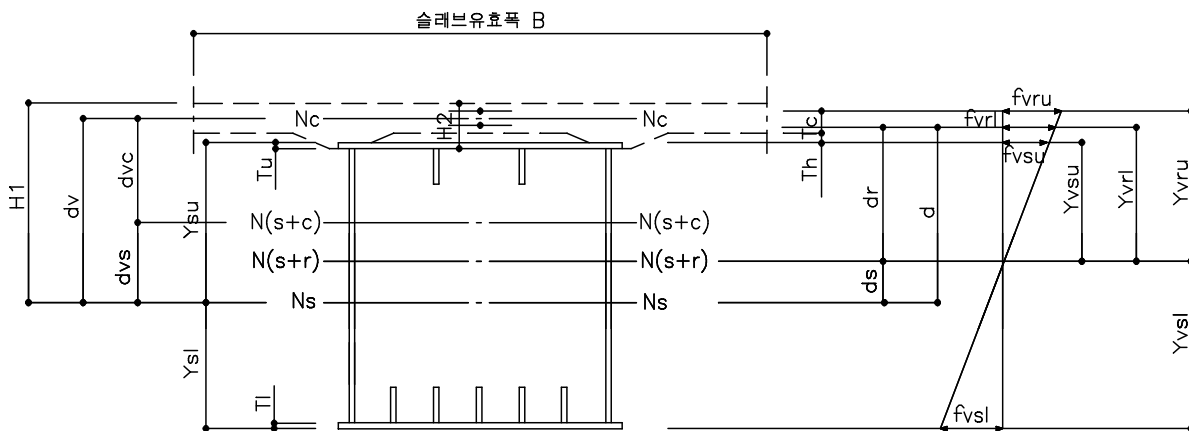
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	18.0	44076	-1209.00	-53287930	64425107779	1190053
강단면 합계			189844		17938948	187961458840	27707135919
UPPER RE-BAR	-	-	18316	1440.00	26374738	37979622144	-
LOWER RE-BAR	-	-	18316	1290.00	23627369	30479306139	-
RE-BAR 합계			36632		50002107	68458928283	-
1 - RC SLAB	4731.5	250.0	1182885	1375.00	1626466666	2236391666223	6160858585

* As = 189844 mm² , Ac = 1182885 mm² , Ar = 36632 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 187961458840 + 27707135919 = 215668594760 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 17938948 / 189844 = 94.493 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 215668594760 - 189844 \times 94.493^2 = 213973488834 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 94.493 = 1129.507 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1129.507 - 2442.000 = -1312.493 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6323652.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -47.097 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 54.727 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 25.201 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 226476 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1270.507 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dr &= d \cdot As / (As + Ar) = 1065.007 \text{ mm} \\
ds &= d - dr = 205.500 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1140.007 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 990.007 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 924.007 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1517.993 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 263539648062 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6364464.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -8.029 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -6.972 \text{ MPa} \\
fv su &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -6.507 \text{ MPa} \\
fv sl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 10.691 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.823 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -20.068 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -17.427 \text{ MPa} \\
fv su &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -16.265 \text{ MPa} \\
fv sl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 26.721 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 18.080 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 337704.695 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1280.507 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 719.850 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 560.657 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 263774.392 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 921.608 \text{ mm} \quad K = -0.235 \\
ds1 &= dv - dc1 = 358.899 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 351037471749.4 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -562756 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -562756 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -518640532 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -1.958 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.027 \text{ MPa} \\
fv su1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.058 \text{ MPa} \\
fv sl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.187 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$\begin{aligned}n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 239130.958 \text{ mm}^2 \\d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1016.584 \text{ mm} \\d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 263.923 \text{ mm} \\P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 2794565 \text{ N} \\M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 2840910170 \text{ N} \cdot \text{mm} \\f_{vru2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 9.451 \text{ MPa} \\f_{vrl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 9.831 \text{ MPa} \\f_{vsu2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 9.999 \text{ MPa} \\f_{vsl2} &= P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 16.185 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 3726087 \text{ N} \\M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2682223375 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\f_{rut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.474 \text{ MPa} \\f_{rll} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.115 \text{ MPa} \\f_{sut} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 14.242 \text{ MPa} \\f_{slt} &= P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 20.083 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 48.419 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 213.183$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 674.840 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-47.097	54.727	190.000	190.000
1+2+3	-28.096	-24.399	160.000	-69.870	92.139	190.000	190.000
1+2+3+4	-30.054	-26.426	160.000	-71.927	88.952	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-20.602	-16.595	160.000	-61.929	105.137	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-32.077	-27.710	184.000	-47.686	125.220	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-9.128	-5.480	184.000	-76.171	85.054	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-71.927}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{48.419}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.143 + 0.194 = 0.337 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{125.220}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{48.419}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.328 + 0.194 = 0.522 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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

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

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/54.727)} = 1.863 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/125.22)} = 1.232 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -8.029 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -28.096 - -8.029 = -20.068 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -8.029 + 2.15 \times -20.068 + (-1.958) + (9.451) + (-11.474)$$

$$= -57.563 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -8.029 + 2.15 \times -20.068 + (-11.474)$$

$$= -65.057 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -47.097 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.507 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -69.87 - -47.097 - -6.507 = -16.265 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-47.097 + -6.507) + 2.15 \times -16.265 + (-2.058) + (9.999) + (-14.242)$$

$$= -110.958 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-47.097 + -6.507) + 2.15 \times -16.265 + (-14.242)$$

$$= -118.899 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 54.727 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 10.691 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 92.139 - 54.727 - 10.691 = 26.721 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (54.727 + 10.691) + 2.15 \times 26.721 + (-3.187) + (16.185) + (20.083)$$

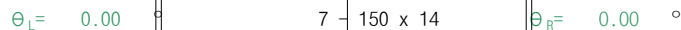
$$= 175.575 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (54.727 + 10.691) + 2.15 \times 26.721 + (20.083)$$

$$= 162.577 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 14 > : 절점 17 로 부터 이격 거리 2.494 m

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m

Bc = 5.445 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.014 m

TI = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2651.537
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	659.975
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4418.273
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	678.560
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	150.910
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	546.004
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	23.283
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	51.217
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	619.430

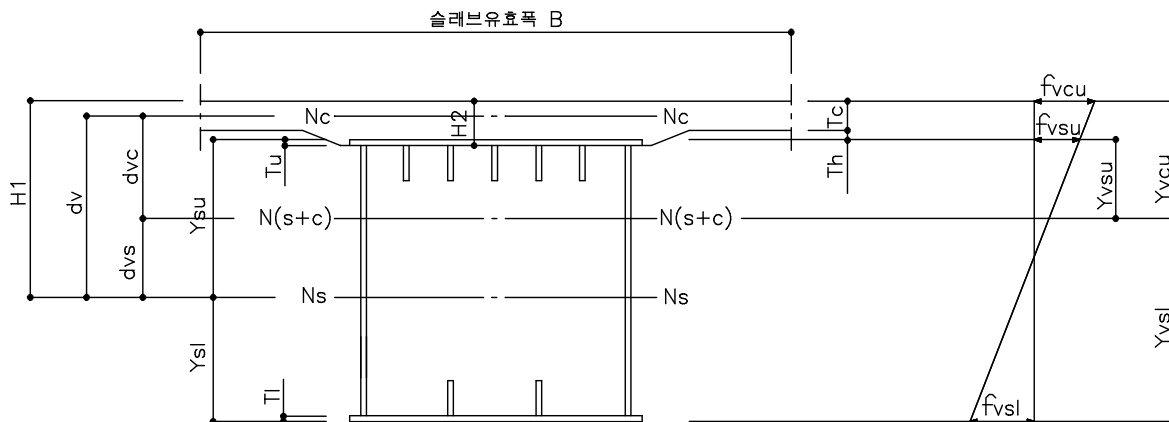
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.0	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			176600		-13619200	1.67987E+11	27705126067
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 176600 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 167986578200 + 27705126066.7 = 195691704267 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -13619200 / 176600 = -77.119 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 195691704267 - 176600 \times (-77.119)^2 = 194641406369 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 14.0 - (-77.119) = 1291.119 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1291.119 - 2432.000 = -1140.881 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6310592.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 17.588 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -15.542 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.934 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 346740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1452.1 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 739.6 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 712.5 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 864.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 614.6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 578.6 \quad \text{mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1853.4 \quad \text{mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 378252718917 \quad \text{mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6351404.5 \quad \text{mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.189 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.134 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.010 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -3.234 \quad \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.956 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.262 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.897 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.758 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -21.649 \quad \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.543 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 261670.3 \quad \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 980.0 \quad \text{mm} & K = -0.045 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 472.1 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 1105.0 \quad \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 855.0 \quad \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 819.0 \quad \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1613.0 \quad \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 316149489733 \quad \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 219554 \quad \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 219554 \quad \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = 215169174 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \quad \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.189 \quad \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.134 \quad \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.138 \quad \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.083 \quad \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 0.814 \quad \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.888 \quad \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 233313.542 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1099.1 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 353.0 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cu} = d_{c2} + T_c/2 = 1224.1 \text{ mm}$$

$$Y_{v2cl} = Y_{v2cu} - T_c = 974.1 \text{ mm}$$

$$Y_{v2su} = Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 938.1 \text{ mm}$$

$$Y_{v2sl} = Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1493.9 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 285456235074.7 \text{ mm}^4$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3215658 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3534457491 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$f_{vcu2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.817 \text{ MPa}$$

$$f_{vcl2} = 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.811 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 13.260 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 14.615 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3171003475 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{cut} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.699 \text{ MPa}$$

$$f_{clt} = 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.687 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.147 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 13.064 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 28.433 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 0.650 \times (0.0/8)^2 + 0.130 \times (0.0/8) + 1.0 = 1.000$$

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

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)

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

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

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

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

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

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

사용 $t_u = 14.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

★ 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	17.588	-15.542	190.000	190.000
1+2+3	1.451	1.031	10.800	10.800	25.356	-40.425	190.000	190.000
1+2+3+4	1.313	0.948	10.800	10.800	26.170	-39.537	218.500	190.000
1+2+3+4+5	-0.504	-0.863	1.890	1.890	39.430	-24.922	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-2.203	-2.550	2.174	2.174	51.577	-11.857	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.195	0.825	12.420	12.420	27.283	-37.986	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{51.577}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{28.433}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.044 + 0.067 = 0.110 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-40.425}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{28.433}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.045 + 0.067 = 0.112 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/17.588)} = 3.287 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/51.577)} = 1.919 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.189 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.451 - 0.189 = 1.262 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.189 + 2.15 \times 1.262 + (-0.138) + (-1.817) + (1.699)$$

$$= 2.704 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.189 + 2.15 \times 1.262 + (1.699)$$

$$= 4.658 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 17.588 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.010 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 25.356 - 17.588 - 1.01 = 6.759 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (17.588 + 1.01) + 2.15 \times 6.759 + (0.814) + (13.26) + (12.147)$$

$$= 64.929 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (17.588 + 1.01) + 2.15 \times 6.759 + (12.147)$$

$$= 50.855 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -15.542 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsI} = -3.234 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -40.425 - 15.542 - 3.234 = -21.649 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-15.542 + -3.234) + 2.15 \times -21.649 + (0.888) + (14.615) + (-13.064)$$

$$= -68.515 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-15.542 + -3.234) + 2.15 \times -21.649 + (-13.064)$$

$$= -84.019 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

주부재사용강종 = SM490 B



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-11661.321
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2468.795
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5523.820
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1534.399
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	342.584
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	808.353
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-97.013
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	75.405
Mvst : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	797.942
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

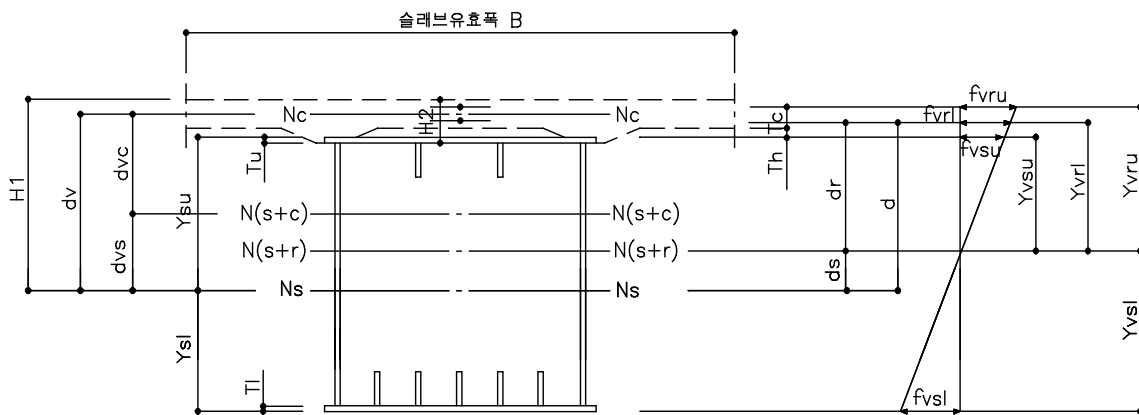
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			204536		0	209863327122	27708766733
UPPER RE-BAR	-	-	18316	1440.00	26374738	37979622144	-
LOWER RE-BAR	-	-	18316	1290.00	23627369	30479306139	-
RE-BAR 합계			36632		50002107	68458928283	-
1 - RC SLAB	4731.5	250.0	1182885	1375.00	1626466666	2236391666223	6160858585

* As = 204536 mm² , Ac = 1182885 mm² , Ar = 36632 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 209863327122 + 27708766733 = 237572093855 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 204536 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 237572093855 - 204536 \times 0.000^2 = 237572093855 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 0.000 = 1224.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1224.000 - 2448.000 = -1224.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -60.081 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 60.081 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 27.277 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 241168 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1157.667 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 207.333 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1232.667 \text{ mm} \\
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1082.667 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1016.667 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1431.333 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 295457864540 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -10.300 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -9.047 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -8.495 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.960 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.441 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -23.046 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -20.241 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -19.007 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 26.760 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.251 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 352396.708 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 798.070 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 576.930 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 278466.405 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1009.950 \text{ mm} \quad K = -0.248 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 365.050 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 400596424800.2 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -727229 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -727229 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -734465056 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.256 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.348 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.389 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.898 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 253822.971 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1108.005 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds2 &= dv - dc2 = 266.995 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 2794565 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3096392713 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 8.384 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 8.774 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 8.945 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 15.308 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3726087 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 2973677407 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -12.827 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \epsilon t = -12.452 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 12.913 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 19.023 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\sigma = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msc+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 51.693 \text{ MPa} < \sigma_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력

(단, f₁ ≥ f₂ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 24.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (㉞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-60.081	60.081	190.000	190.000
1+2+3	-33.346	-29.288	160.000	-87.583	98.800	190.000	190.000
1+2+3+4	-35.601	-31.636	160.000	-89.972	94.903	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-27.217	-22.862	160.000	-81.026	110.210	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-40.044	-35.314	184.000	-68.114	129.233	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-14.391	-10.410	184.000	-93.939	91.187	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활용 (㉞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (㉞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-89.972}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.693}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.224 + 0.221 = 0.445 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.233}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{51.693}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.350 + 0.221 = 0.571 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (㉞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유통출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/60.081)} = 1.778 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/129.233)} = 1.213 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량)의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -10.300 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -33.346 - 10.3 = -23.046 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.3 + 2.15 \times -23.046 + (-2.256) + (8.384) + (-12.827) \\ &= -69.636 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -10.3 + 2.15 \times -23.046 + (-12.827) \\ &= -75.765 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -60.081 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.495 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -87.583 - 60.081 - 8.495 = -19.007 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-60.081 + -8.495) + 2.15 \times -19.007 + (-2.389) + (8.945) + (-12.913) \\ &= -136.370 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-60.081 + -8.495) + 2.15 \times -19.007 + (-12.913) \\ &= -142.926 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 60.081 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.960 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 98.8 - 60.081 - 11.96 = 26.759 \text{ MPa}$$

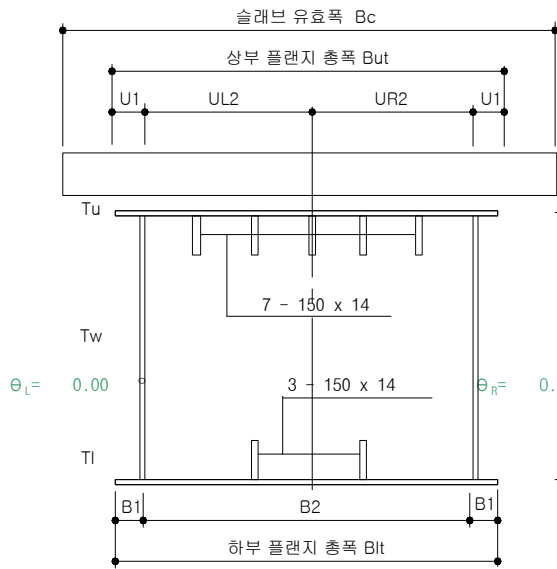
$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (60.081 + 11.96) + 2.15 \times 26.759 + (-3.898) + (15.308) + (19.023) \\ &= 181.619 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (60.081 + 11.96) + 2.15 \times 26.759 + (19.023) \\ &= 170.209 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

4.6 SPLICE부의 응력검토

< S P L I C E - 1 > : 절점 3 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8434.446
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1961.451
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4634.235
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-348.822
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-78.416
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-436.064
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-53.928
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-59.413
Mvst : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-560.089

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500

$$\begin{aligned}
 f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.960 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.176 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -25.005 \text{ MPa} \\
 u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 11.246 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.676 \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 495.4 \text{ mm} \\
 Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c / 2 = 1072.0 \text{ mm} \\
 Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 822.0 \text{ mm} \\
 Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 784.0 \text{ mm} \\
 Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1646.0 \text{ mm} \\
 I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
 N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 672207 \text{ N} \\
 P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 672207 \text{ N} \\
 M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 636561520 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
 f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.581 \text{ MPa} \\
 f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.406 \text{ MPa} \\
 f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.313 \text{ MPa} \\
 f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.161 \text{ MPa} \\
 f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 3.867 \text{ MPa} \\
 f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.294 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
 Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c / 2 = 1194.4 \text{ mm} \\
 Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
 Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
 Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
 I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c / n_2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
 P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3215658 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{c2} &= E_s \cdot / n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.313 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.405 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 22.649 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = 1.238 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온 도 차

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

$$\begin{aligned}
 P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4287544 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot Mvt \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.988 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + K \cdot Mvt \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.170 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot Mvt \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.049 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot Mvt \cdot Y_{vsl}/I_v = 1.862 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 19.410 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	61.290	-55.119	177.975	190.000
1+2+3	1.955	1.366	10.800	10.800	71.504	-90.707	177.975	190.000
1+2+3+4	1.642	1.205	10.800	10.800	75.370	-90.413	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.329	-0.200	10.800	1.890	98.019	-89.174	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.659	-1.370	2.174	2.174	114.068	-87.312	231.368	218.500

1+2+3+4+5-6	1.317	0.970	12.420	12.420	81.970	-91.037	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{114.068}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{19.410}{110.000} \right)^2 \\
 &= 0.243 + 0.031 = 0.274 < 1.2 \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-90.707}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{19.410}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.228 + 0.031 = 0.259 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/61.29)} = 1.761 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/114.068)} = 1.291 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.581 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.955 - 0.581 = 1.374 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.581 + 2.15 \times 1.374 + (-0.313) + (-1.313) + (0.988)$$

$$= 3.071 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.581 + 2.15 \times 1.374 + (0.988)$$

$$= 4.697 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 61.290 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.037 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 71.504 - 61.29 - 3.037 = 7.176 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (61.29 + 3.037) + 2.15 \times 7.176 + (3.867) + (22.649) + (16.049)$$

$$= 141.619 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (61.29 + 3.037) + 2.15 \times 7.176 + (16.049)$$

$$= 115.104 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -55.119 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsI} = -10.583 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -90.707 - -55.119 - -10.583 = -25.004 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-55.119 + -10.583) + 2.15 \times -25.004 + (0.294) + (1.238) + (-1.862)$$

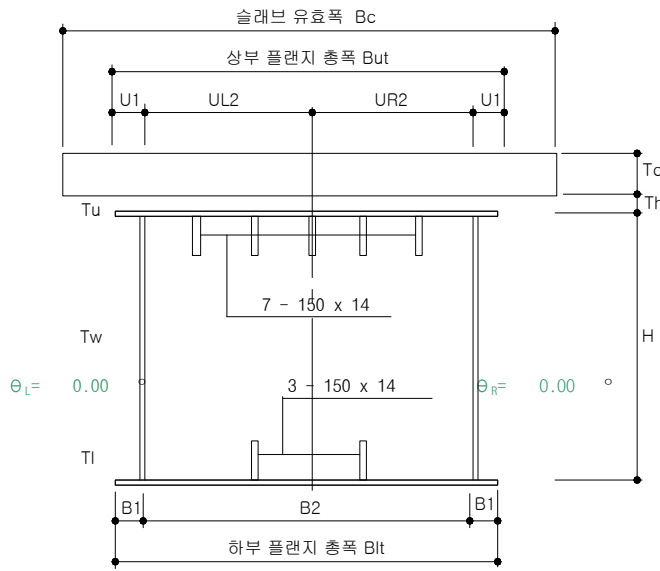
$$= -139.502 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-55.119 + -10.583) + 2.15 \times -25.004 + (-1.862)$$

$$= -141.035 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< S P L I C E - 2 > : 절점 6 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팅창계수		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	6717.065
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1590.879
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	5423.884
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	622.338
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	134.886
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	438.640
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	39.466
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	16.688
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	535.730

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

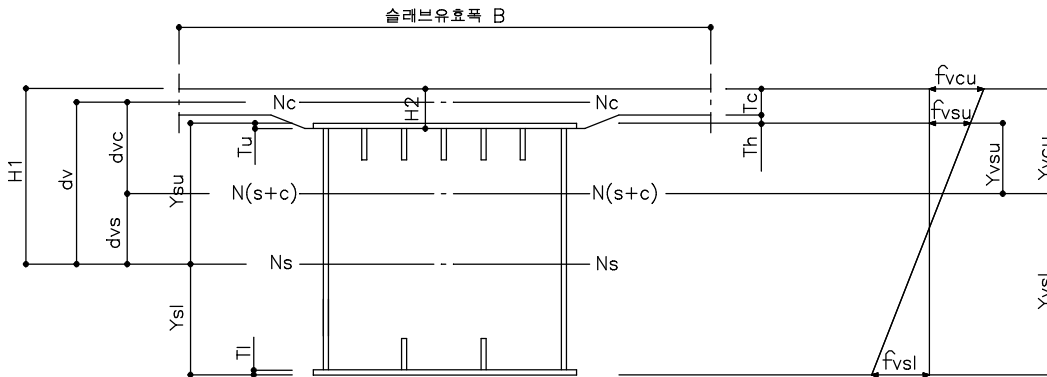
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 162600 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 48.811 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -43.896 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 11.065 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 829.9 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 579.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 541.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1888.1 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.472 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.330 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 2.463 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -8.584 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 2.451 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.608 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 1.123 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 8.399 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -29.265 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 11.131 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 247670.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 947.0 & \text{mm} & K = 0.284 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 495.4 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 1072.0 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 822.0 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 784.0 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1646.0 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 292709122641 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 545209 & \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 545209 & \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot dc_1 = & 516297555 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.472 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.330 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.300 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.166 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 2.594 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 1.377 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 219313.542 & \text{mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 1069.4 & \text{mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 373.0 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1194.4 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 944.4 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 906.4 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1523.6 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 263844362605.3 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3438869897 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_{c2} &= E_s \cdot \nu_2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/\nu_2 \cdot (P_2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.567 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/\nu_2 \cdot (P_2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.606 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 18.018 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 9.023 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/\nu = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/\nu \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.339 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/\nu \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.416 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.215 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 8.255 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 24.648 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, ν : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

★ 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

★ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

★ 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	48.811	-43.896	177.975	190.000
1+2+3	2.079	1.453	10.800	10.800	59.673	-81.745	177.975	190.000
1+2+3+4	1.779	1.287	10.800	10.800	62.267	-80.368	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.212	-0.319	10.800	1.890	80.285	-71.346	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.127	-1.735	2.174	2.174	94.499	-63.091	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.551	1.097	12.420	12.420	66.070	-79.600	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{94.499}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{24.648}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.167 + 0.050 = 0.217 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-81.745}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.648}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.185 + 0.050 = 0.235 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/48.811)} = 1.973 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/94.499)} = 1.418 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.472 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.079 - 0.472 = 1.608 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.472 + 2.15 \times 1.608 + (-0.3) + (-1.567) + (1.339) = 3.541 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.472 + 2.15 \times 1.608 + (1.339) = 5.409 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.811 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.463 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.673 - 48.811 - 2.463 = 8.399 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.811 + 2.463) + 2.15 \times 8.399 + (2.594) + (18.018) + (14.215) = 119.540 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.811 + 2.463) + 2.15 \times 8.399 + (14.215) = 98.928 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -43.896 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -8.584 \text{ MPa}$$

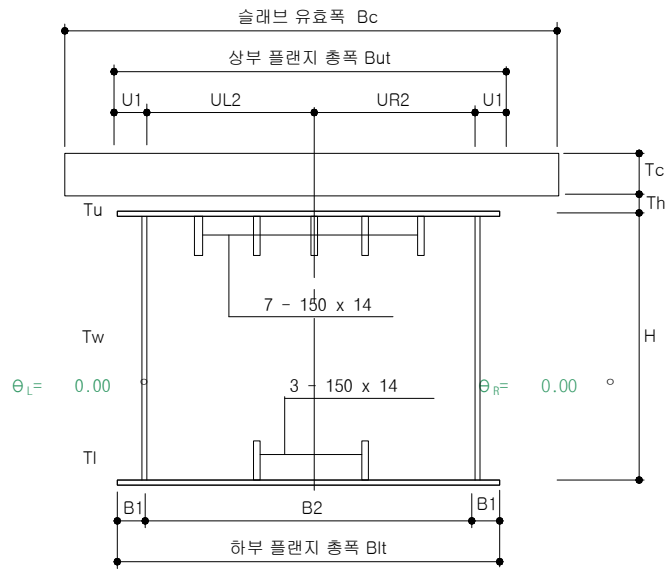
$$\text{합성후 활하중 응력} = -81.745 - (-43.896) - (-8.584) = -29.265 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.896 + -8.584) + 2.15 \times -29.265 + (1.377) + (9.023) + (-8.255) = -128.999 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.896 + -8.584) + 2.15 \times -29.265 + (-8.255) = -139.398 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 5 > : 절점 14 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.014 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

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4195.378
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1014.135
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4454.270
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-477.039
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-107.156
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-499.308
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-40.329
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-45.632
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-486.582

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

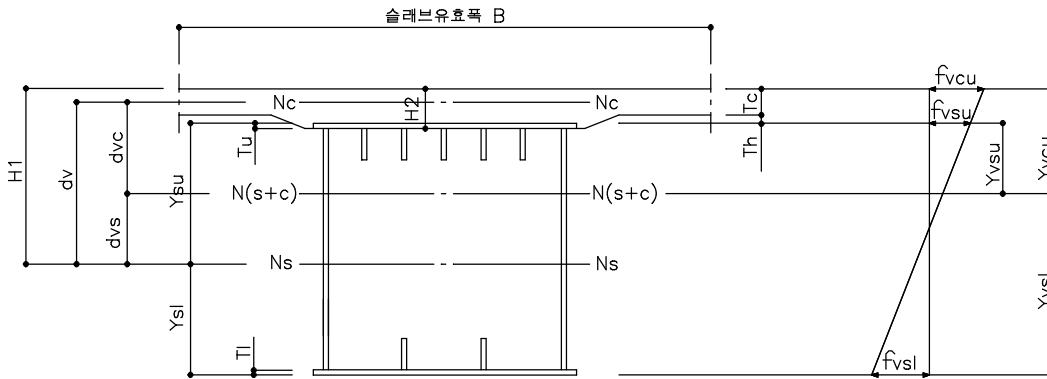
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	14.0	39200	-1207.0	-47314400	57108480800	640266.6667
강단면 합계			157000		9450000	1.40795E+11	27688655533
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 157000 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140795086600 + 27688655533.3 = 168483742133 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 157000 = 60.191 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168483742133 - 157000 \times 60.191^2 = 167914936401 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 14.0 - 60.191 = 1153.809 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1153.809 - 2428.000 = -1274.191 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 28.828 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -31.836 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.548 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1314.8 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 631.0 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 683.8 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 756.0 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 506.0 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 470.0 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1958.0 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 309956804611 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.309 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.207 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.538 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -6.406 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.160 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.358 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.909 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.754 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -28.138 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 11.863 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 852.7 \text{ mm} & K = -0.149 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = 462.1 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = 977.7 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 727.7 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 691.7 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1736.3 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = 263738914326 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 351261 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 351261 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot dc_1 = 299537497 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.309 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.207 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = -0.229 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = -0.124 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.334 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.745 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 965.9 \text{ mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = 348.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = 1090.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 840.9 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 804.9 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1623.1 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = 240234721527.4 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = 3105990190 \text{ N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{28} = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n \cdot (P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2cu} / I_v) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.823 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n \cdot (P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2cl} / I_v) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.803 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2su} / I_v = 13.496 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2sl} / I_v = 18.173 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4287544 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2705430481 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.689 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.648 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 12.495 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = 15.653 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 22.572 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 14.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	28.828	-31.836	190.000	190.000
1+2+3	1.667	1.116	10.800	10.800	37.120	-66.380	190.000	190.000
1+2+3+4	1.438	0.992	10.800	10.800	38.454	-64.635	218.500	190.000
1+2+3+4+5	-0.385	-0.811	1.890	1.890	51.950	-46.462	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-2.074	-2.459	2.174	2.174	64.445	-30.809	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.304	0.837	12.420	12.420	39.455	-62.114	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{64.445}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{22.572}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.068 + 0.042 = 0.110 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-66.380}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.572}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.122 + 0.042 = 0.164 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/28.828)} = 2.567 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/64.445)} = 1.717 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.309 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.667 - 0.309 = 1.358 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.309 + 2.15 \times 1.358 + (-0.229) + (-1.823) + (1.689)$$

$$= 2.958 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.309 + 2.15 \times 1.358 + (1.689) \\ = 5.010 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

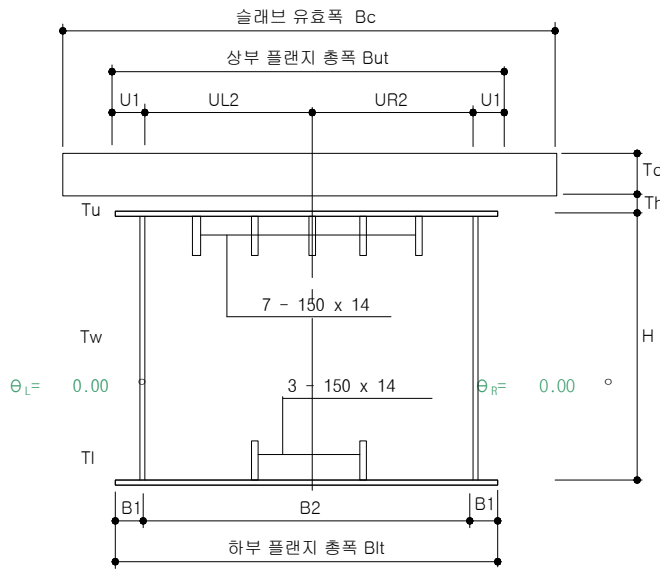
$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= 28.828 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.538 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= 37.12 - 28.828 - 1.538 = 6.754 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (28.828 + 1.538) + 2.15 \times 6.754 + (1.334) + (13.496) + (12.495) \\ &= 81.322 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (28.828 + 1.538) + 2.15 \times 6.754 + (12.495) \\ &= 66.492 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= -31.836 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -6.406 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -66.38 - -31.836 - -6.406 = -28.138 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-31.836 + -6.406) + 2.15 \times -28.138 + (1.745) + (18.173) + (-15.653) \\ &= -105.945 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-31.836 + -6.406) + 2.15 \times -28.138 + (-15.653) \\ &= -125.863 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

< S P L I C E - 6 > : 절점 16 로 부터 이격 거리 4.364 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.014 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	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4426.439
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1054.803
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4681.832
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	443.345
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	101.240
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	495.498
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	34.084
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	46.792
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	483.036

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

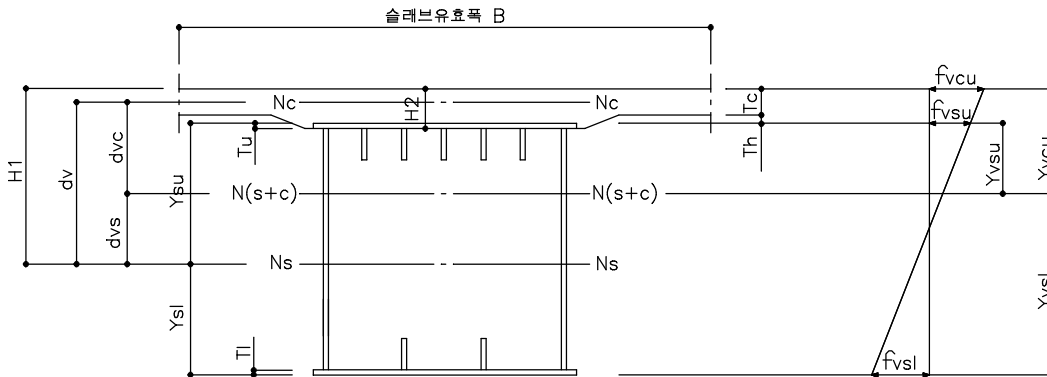
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	14.0	39200	1207.0	47314400	57108480800	640266.6667
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	14.0	39200	-1207.0	-47314400	57108480800	640266.6667
강단면 합계			157000		9450000	1.40795E+11	27688655533
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 157000 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 140795086600 + 27688655533.3 = 168483742133 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 157000 = 60.191 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 168483742133 - 157000 \times 60.191^2 = 167914936401 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 14.0 - 60.191 = 1153.809 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1153.809 - 2428.000 = -1274.191 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 30.416 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -33.589 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 7.922 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1314.8 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 631.0 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 683.8 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 756.0 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 506.0 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 470.0 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1958.0 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 309956804611 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.322 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.215 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.599 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -6.663 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.065 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.427 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.955 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.099 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -29.575 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 11.774 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 852.7 \text{ mm} & K = -0.064 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = 462.1 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = 977.7 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 727.7 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 691.7 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1736.3 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = 263738914326 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 365347 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 365347 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc_1 = 311549301 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.322 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.215 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = -0.232 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = -0.124 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.457 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.641 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 965.9 \text{ mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = 348.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = 1090.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 840.9 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 804.9 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1623.1 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = 240234721527.4 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = 3105990190 \text{ N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{28} = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n \cdot (P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2cu} / I_v) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.773 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n \cdot (P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2cl} / I_v) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.765 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2su} / I_v = 14.381 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2 / A_v + k \cdot M_v \cdot Y_{v2sl} / I_v = 16.390 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 2705430481 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.619 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.601 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 12.844 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = 14.200 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 21.761 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 14.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	30.416	-33.589	190.000	190.000
1+2+3	1.749	1.171	10.800	10.800	39.114	-69.828	190.000	190.000
1+2+3+4	1.517	1.046	10.800	10.800	40.571	-68.187	218.500	190.000
1+2+3+4+5	-0.256	-0.718	1.890	1.890	54.952	-51.797	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.875	-2.319	2.174	2.174	67.796	-37.598	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.363	0.883	12.420	12.420	42.108	-65.997	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{67.796}{247.000}\right)^2 + \left(\frac{21.761}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.075 + 0.039 = 0.114 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-69.828}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{21.761}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.135 + 0.039 = 0.174 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/30.416)} = 2.499 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/67.796)} = 1.674 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.322 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.749 - 0.322 = 1.427 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.322 + 2.15 \times 1.427 + (-0.232) + (-1.773) + (1.619)$$

$$= 3.101 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.322 + 2.15 \times 1.427 + (1.619)$$

$$= 5.106 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 30.416 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.599 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 39.114 - 30.416 - 1.599 = 7.099 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (30.416 + 1.599) + 2.15 \times 7.099 + (1.457) + (14.381) + (12.844)$$

$$= 85.564 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (30.416 + 1.599) + 2.15 \times 7.099 + (12.844)$$

$$= 69.726 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -33.589 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -6.663 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -69.828 - (-33.589) - (-6.663) = -29.575 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-33.589 + -6.663) + 2.15 \times -29.575 + (1.641) + (16.39) + (-14.2)$$

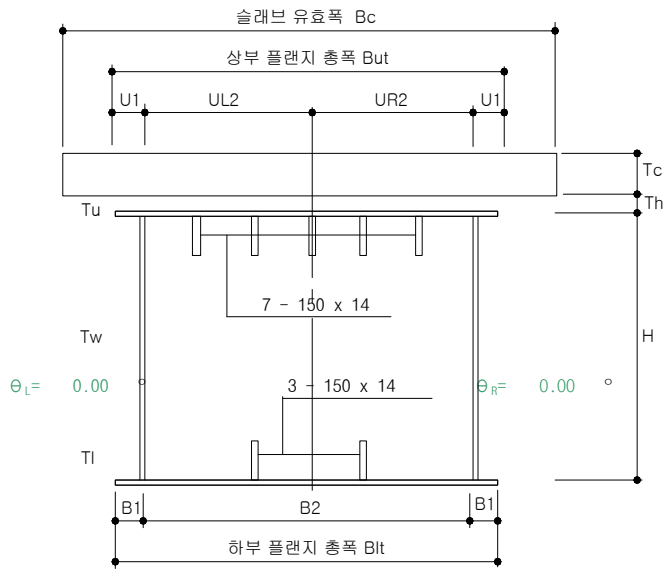
$$= -112.085 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-33.589 + -6.663) + 2.15 \times -29.575 + (-14.2)$$

$$= -130.115 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 9 > : 절점 25 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 5.445 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 TI = 0.012 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	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		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	5053.213
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1218.147
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4636.346
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-479.837
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-109.809
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-512.912
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-43.790
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-47.150
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-485.379

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

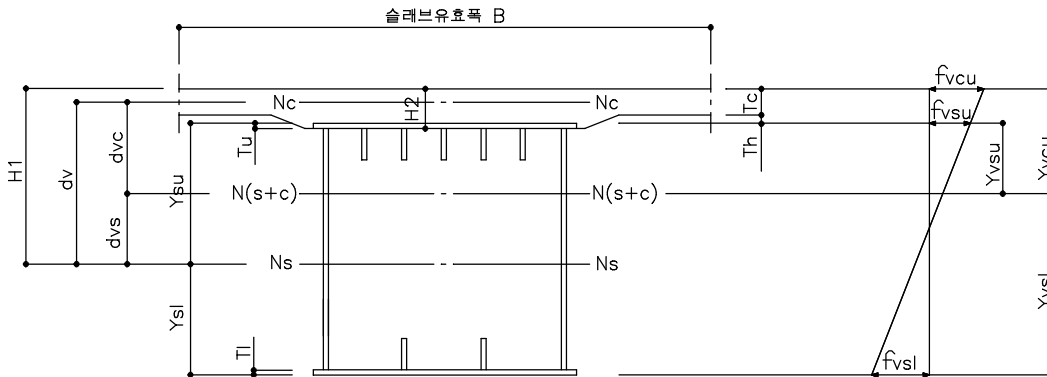
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 145800 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 38.291 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -42.618 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.620 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 604.6 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 705.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 729.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 479.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 441.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1982.4 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.387 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.254 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 1.874 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -8.412 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 2.216 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.473 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.968 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 7.133 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -32.018 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 12.094 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 230870.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 827.4 & \text{mm} & K = 0.058 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 482.8 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 952.4 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 702.4 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 664.4 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1759.6 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 244056617804 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 436539 & \text{N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 436539 & \text{N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot dc_1 = & 361197589 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.387 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.254 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.264 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.132 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 1.948 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 1.740 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 202513.542 & \text{mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 943.3 & \text{mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 366.9 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1068.3 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 818.3 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 780.3 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1643.7 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 221777213252.0 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3033234363 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{28} = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cu}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.666 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cl}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.674 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2su}/lv_2 = 16.498 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2sl}/lv_2 = 14.575 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
Mvt &= P_1 \cdot dvc = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cu}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.460 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cl}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.476 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{su}/lv = 13.802 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{sl}/lv = 12.532 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/Aw + (M_{st}/(2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 22.931 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	38.291	-42.618	177.975	190.000
1+2+3	1.860	1.223	10.800	10.800	47.298	-83.048	177.975	190.000
1+2+3+4	1.596	1.090	10.800	10.800	49.246	-81.308	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.069	-0.584	1.890	1.890	65.744	-66.734	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.529	-2.060	2.174	2.174	79.546	-54.201	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.391	0.893	12.420	12.420	51.941	-79.266	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{79.546}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{22.931}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.118 + 0.043 = 0.162 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-83.048}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{22.931}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.191 + 0.043 = 0.235 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/38.291)} = 2.228 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/79.546)} = 1.545 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.387 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.86 - 0.387 = 1.473 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.387 + 2.15 \times 1.473 + (-0.264) + (-1.666) + (1.46)$$

$$= 3.201 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.387 + 2.15 \times 1.473 + (1.46) \\ = 5.130 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

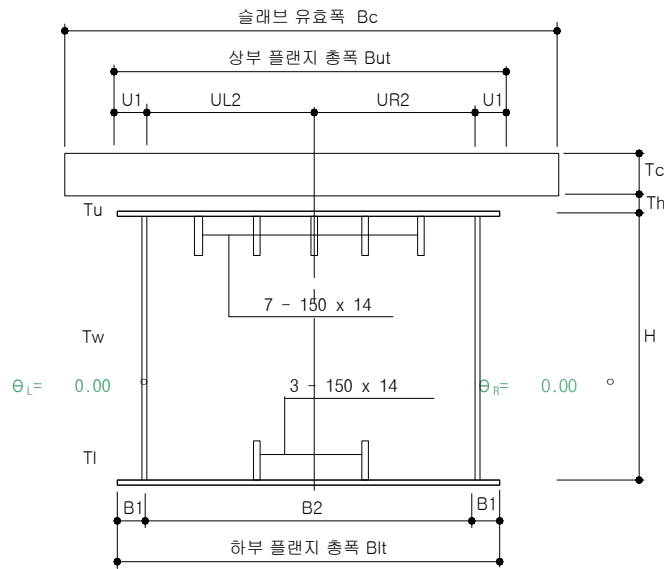
$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= 38.291 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.874 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= 47.298 - 38.291 - 1.874 = 7.133 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (38.291 + 1.874) + 2.15 \times 7.133 + (1.948) + (16.498) + (13.802) \\ &= 99.798 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (38.291 + 1.874) + 2.15 \times 7.133 + (13.802) \\ &= 81.352 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= -42.618 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.412 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -83.048 - -42.618 - -8.412 = -32.018 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-42.618 + -8.412) + 2.15 \times -32.018 + (1.74) + (14.575) + (-12.532) \\ &= -131.396 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-42.618 + -8.412) + 2.15 \times -32.018 + (-12.532) \\ &= -147.710 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

< S P L I C E - 10 > : 절점 27 로 부터 이격 거리 4.364 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
 Bc = 5.445 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.012 m
 TI = 0.012 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 : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
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	5439.811
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1294.074
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4727.762
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	423.478
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	98.744
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	507.280
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	39.186
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	46.419
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	483.217

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

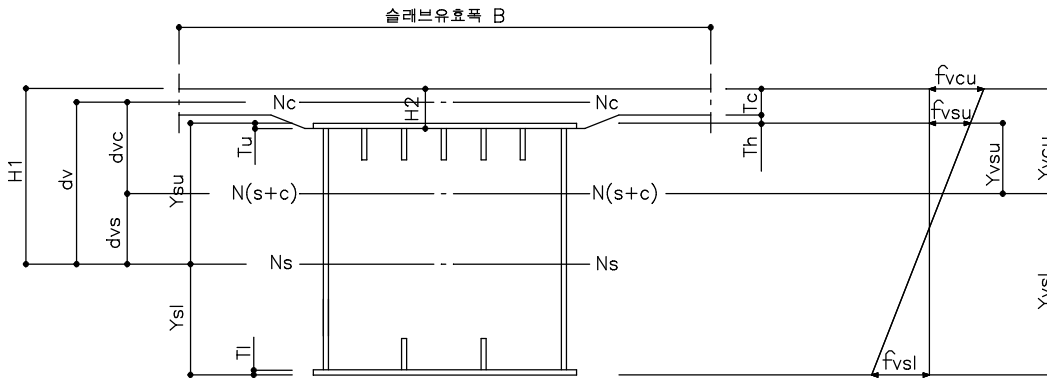
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 145800 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 41.221 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -45.878 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 7.611 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 604.6 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 705.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 729.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 479.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 441.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1982.4 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.411 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.270 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 1.991 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -8.937 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 2.019 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.502 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.987 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 7.273 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -32.649 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 11.982 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 230870.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 827.4 & \text{mm} & K = 0.061 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 482.8 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 952.4 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 702.4 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 664.4 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1759.6 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 244056617804 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 463748 & \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 463748 & \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc_1 = & 383711005 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.411 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.270 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.280 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.141 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 2.072 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 1.840 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 202513.542 & \text{mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 943.3 & \text{mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 366.9 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1068.3 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 818.3 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 780.3 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1643.7 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 221777213252.0 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3033234363 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cu}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.664 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cl}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.672 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2su}/lv_2 = 16.530 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2sl}/lv_2 = 14.507 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 Mvt &= P_1 \cdot dvc = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cu}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.458 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cl}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.475 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{su}/lv = 13.814 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{sl}/lv = 12.479 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/Aw + (M_{st}/(2 F Tw) + (M_{sct} + Mvt)/(2 F_v Tw)) = 21.613 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	41.221	-45.878	177.975	190.000
1+2+3	1.913	1.258	10.800	10.800	50.485	-87.464	177.975	190.000
1+2+3+4	1.633	1.117	10.800	10.800	52.557	-85.624	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.030	-0.555	1.890	1.890	69.087	-71.117	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.488	-2.030	2.174	2.174	82.901	-58.638	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.427	0.919	12.420	12.420	55.273	-83.596	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{82.901}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{21.613}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.128 + 0.039 = 0.167 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-87.464}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{21.613}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.212 + 0.039 = 0.251 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/41.221)} = 2.147 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/82.901)} = 1.514 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.411 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.913 - 0.411 = 1.502 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.411 + 2.15 \times 1.502 + (-0.28) + (-1.664) + (1.458)$$

$$= 3.278 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.411 + 2.15 \times 1.502 + (1.458) \\ = 5.222 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

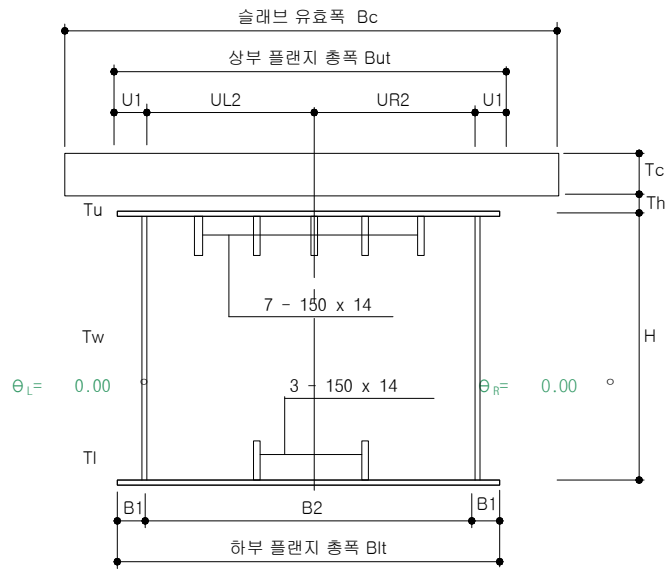
$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= 41.221 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.991 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= 50.485 - 41.221 - 1.991 = 7.273 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (41.221 + 1.991) + 2.15 \times 7.273 + (2.072) + (16.53) + (13.814) \\ &= 104.229 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (41.221 + 1.991) + 2.15 \times 7.273 + (13.814) \\ &= 85.626 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= -45.878 \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.937 \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -87.464 - (-45.878) - (-8.937) = -32.650 \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-45.878 + -8.937) + 2.15 \times -32.65 + (1.84) + (14.507) + (-12.479) \\ &= -137.587 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-45.878 + -8.937) + 2.15 \times -32.65 + (-12.479) \\ &= -153.935 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

< S P L I C E - 13 > : 절점 36 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
TI = 0.012 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	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		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	3745.559
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	924.354
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4651.946
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-334.302
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-79.373
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-492.863
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-22.197
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-45.508
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-476.823

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

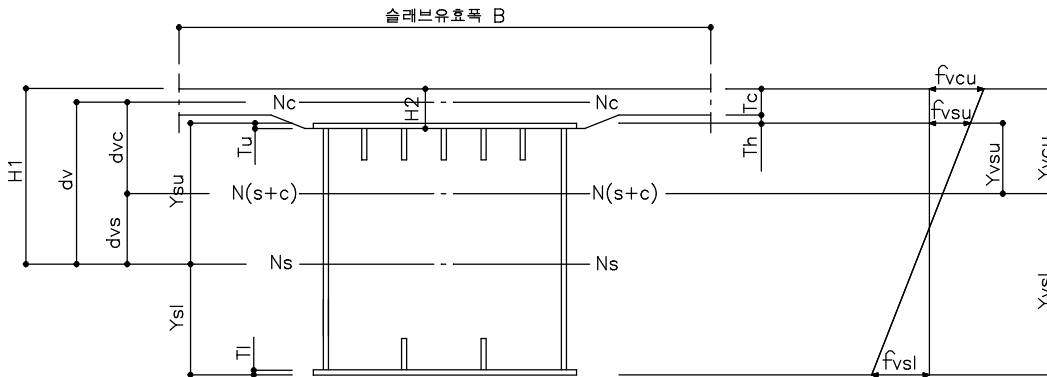
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 145800 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 28.382 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -31.589 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 5.951 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 604.6 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 705.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 729.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 479.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 441.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1982.4 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.294 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.193 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.422 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -6.383 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 1.677 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.478 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.972 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.157 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -32.126 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 11.690 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 230870.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = 827.4 \text{ mm} & K = -0.065 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = 482.8 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = 952.4 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 702.4 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 664.4 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1759.6 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = 244056617804 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 331254 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 331254 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc_1 = 274083864 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.294 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.193 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = -0.208 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = -0.107 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.386 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.563 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = 202513.542 \text{ mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 943.3 \text{ mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = 366.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = 1068.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 818.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 780.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1643.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = 221777213252.0 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = 3033234363 \text{ N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cu}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.740 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cl}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.731 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2su}/lv_2 = 15.185 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2sl}/lv_2 = 17.340 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 Mvt &= P_1 \cdot dvc = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cu}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.561 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cl}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.543 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{su}/lv = 13.311 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{sl}/lv = 14.734 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/Aw + (M_{st}/(2 F Tw) + (M_{sct} + Mvt)/(2 F_v Tw)) = 19.318 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	28.382	-31.589	177.975	190.000
1+2+3	1.772	1.165	10.800	10.800	36.961	-70.098	177.975	190.000
1+2+3+4	1.563	1.058	10.800	10.800	38.347	-68.535	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.177	-0.673	1.890	1.890	53.533	-51.195	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.738	-2.216	2.174	2.174	66.844	-36.461	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.384	0.870	12.420	12.420	40.221	-65.930	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 참조 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{66.844}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{19.318}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.083 + 0.031 = 0.114 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-70.098}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{19.318}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.136 + 0.031 = 0.167 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/28.382)} = 2.587 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/66.844)} = 1.686 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.294 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.772 - 0.294 = 1.478 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.294 + 2.15 \times 1.478 + (-0.208) + (-1.74) + (1.561)$$

$$= 3.172 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.294 + 2.15 \times 1.478 + (1.561)$$

$$= 5.121 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 28.382 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.422 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 36.961 - 28.382 - 1.422 = 7.157 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (28.382 + 1.422) + 2.15 \times 7.157 + (1.386) + (15.185) + (13.311)$$

$$= 84.016 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (28.382 + 1.422) + 2.15 \times 7.157 + (13.311)$$

$$= 67.444 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -31.589 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -6.383 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -70.098 - (-31.589) - (-6.383) = -32.126 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-31.589 + -6.383) + 2.15 \times -32.126 + (1.563) + (17.34) + (-14.734)$$

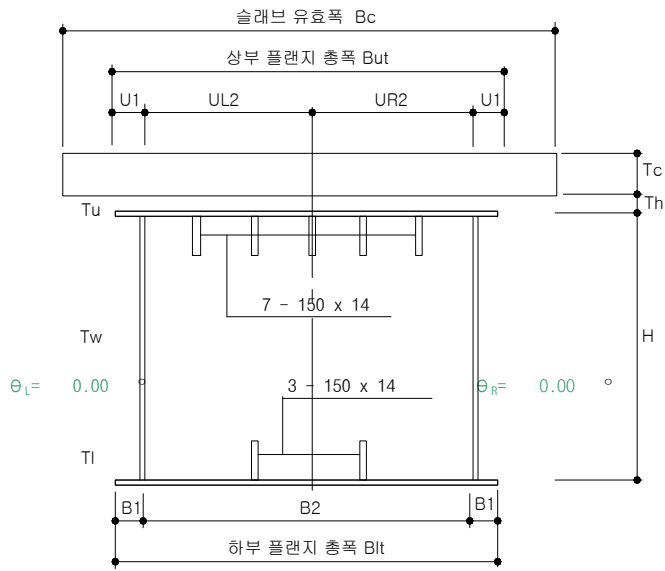
$$= -114.266 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-31.589 + -6.383) + 2.15 \times -32.126 + (-14.734)$$

$$= -133.170 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 14 > : 절점 38 로 부터 이격 거리 4.364 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 5.445 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

TI = 0.012 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 : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
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	2135.566
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	584.816
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4364.401
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	569.092
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	128.822
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	510.947
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	36.840
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	44.029
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	483.145

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

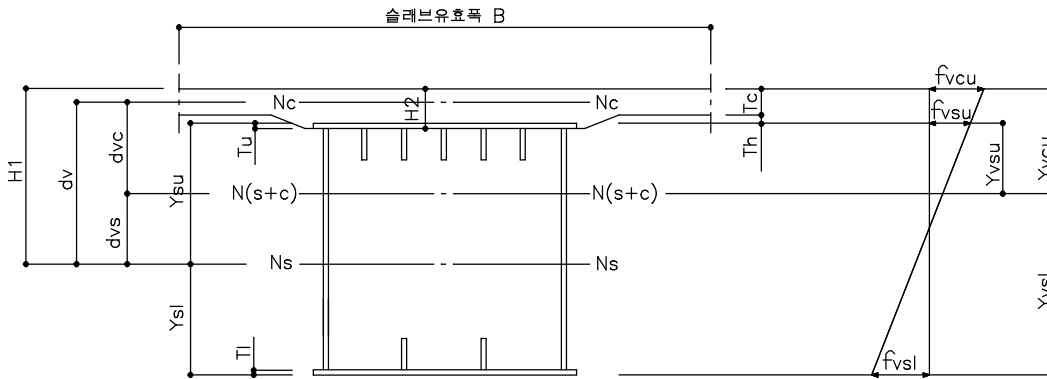
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 145800 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 16.182 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -18.011 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 10.124 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 604.6 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 705.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 729.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 479.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 441.6 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1982.4 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.186 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.122 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 0.900 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -4.039 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.526 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.387 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.912 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.714 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -30.140 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.045 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 230870.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n1 + A_s) = 827.4 \text{ mm} & K = -0.158 \\
ds1 &= d_v - dc1 = 482.8 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= dc1 + T_c / 2 = 952.4 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 702.4 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 664.4 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1759.6 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n1 + A_s \cdot ds1^2 + A_c / n1 \cdot dc1^2 = 244056617804 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 209576 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 209576 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 173406107 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= E_c / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.186 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.122 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec1 \cdot f_{cu} \cdot \phi 1 / Ec = -0.136 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec1 \cdot f_{cl} \cdot \phi 1 / Ec = -0.070 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 0.833 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.105 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 202513.542 \text{ mm}^2 \\
dc2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n2 + A_s) = 943.3 \text{ mm} \\
ds2 &= d_v - dc2 = 366.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= dc2 + T_c / 2 = 1068.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 818.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 780.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1643.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n2 + A_s \cdot ds2^2 + A_c / n2 \cdot dc2^2 = 221777213252.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot dc2 = 3033234363 \text{ N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_{c2} &= E_s \cdot \rho / n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cu}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.797 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2cl}/lv_2) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.775 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2su}/lv_2 = 14.193 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/Av_2 + k \cdot Mv_2 \cdot Yv_{2sl}/lv_2 = 19.431 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
Mvt &= P_1 \cdot dvc = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cu}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.638 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{cl}/lv) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.593 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{su}/lv = 12.941 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yv_{sl}/lv = 16.399 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/Aw + (M_{st}/(2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 24.695 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	16.182	-18.011	177.975	190.000
1+2+3	1.572	1.034	10.800	10.800	23.797	-52.190	177.975	190.000
1+2+3+4	1.437	0.963	10.800	10.800	24.630	-51.084	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.360	-0.811	1.890	1.890	38.822	-31.653	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.998	-2.405	2.174	2.174	51.763	-15.254	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.278	0.782	12.420	12.420	25.882	-48.053	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{51.763}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{24.695}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.050 + 0.050 = 0.100 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-52.190}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{24.695}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.075 + 0.050 = 0.126 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/16.182)} = 3.427 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/51.763)} = 1.916 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.186 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.572 - 0.186 = 1.387 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.186 + 2.15 \times 1.387 + (-0.136) + (-1.797) + (1.638)$$

$$= 2.928 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.186 + 2.15 \times 1.387 + (1.638)$$

$$= 4.861 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 16.182 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.900 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 23.797 - 16.182 - 0.9 = 6.715 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (16.182 + 0.9) + 2.15 \times 6.715 + (0.833) + (14.193) + (12.941)$$

$$= 64.609 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (16.182 + 0.9) + 2.15 \times 6.715 + (12.941)$$

$$= 49.584 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -18.011 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -4.039 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -52.19 - -18.011 - -4.039 = -30.140 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-18.011 + -4.039) + 2.15 \times -30.14 + (1.105) + (19.431) + (-16.399)$$

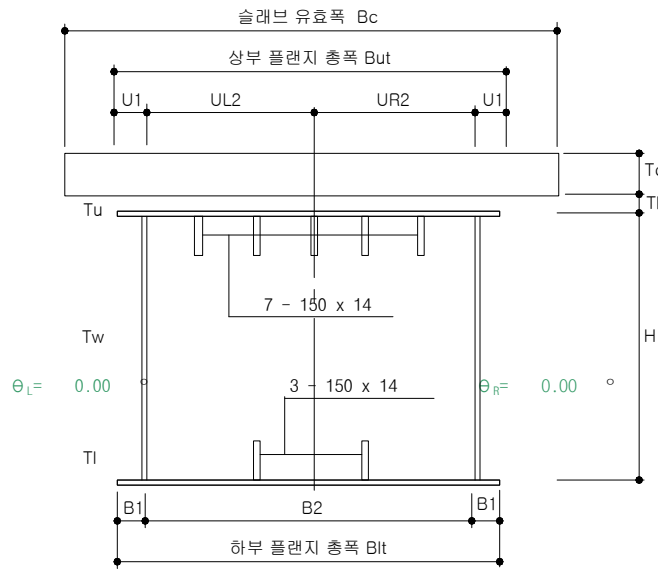
$$= -89.328 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-18.011 + -4.039) + 2.15 \times -30.14 + (-16.399)$$

$$= -109.865 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 17 > : 절점 46 로 부터 이격 거리 3.117 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
TI = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		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	6826.555
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1679.792
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	5501.429
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-960.250
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-213.779
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-512.176
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-118.415
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-36.127
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-694.655

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

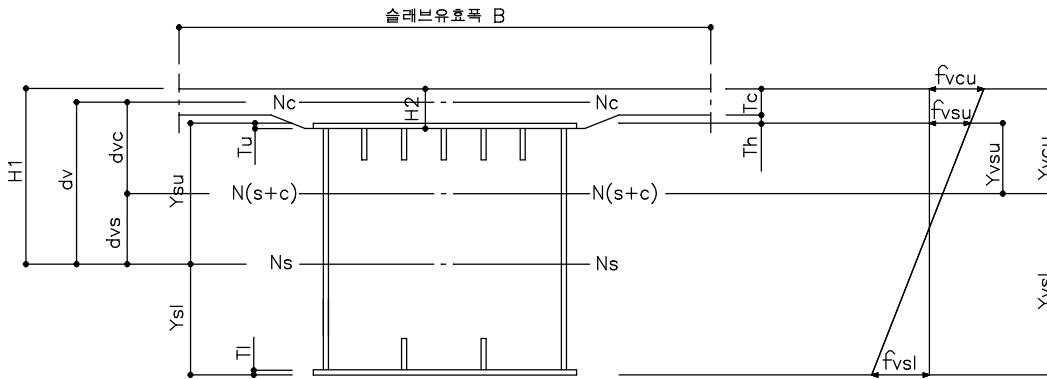
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 162600 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 49.606 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -44.611 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 17.453 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 829.9 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 579.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 541.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1888.1 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.498 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.348 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 2.601 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -9.064 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 3.949 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.631 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 1.140 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 8.519 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -29.684 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 13.451 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 247670.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 947.0 & \text{mm} & K = 0.165 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = & 495.4 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c / 2 = & 1072.0 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 822.0 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 784.0 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1646.0 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 = & 292709122641 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 575680 & \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 575680 & \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = & 545153027 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.498 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.348 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = & -0.332 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = & -0.187 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 2.565 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 1.819 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 219313.542 & \text{mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 1069.4 & \text{mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = & 373.0 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c / 2 = & 1194.4 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 944.4 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 906.4 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1523.6 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c / n_2 \cdot d_{c2}^2 = & 263844362605.3 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = & 3438869897 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{25} = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.645 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.667 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 16.612 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = 11.386 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4287544 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.446 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.490 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 13.658 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = 10.195 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 34.853 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	49.606	-44.611	177.975	190.000
1+2+3	2.129	1.487	10.800	10.800	60.726	-83.359	177.975	190.000
1+2+3+4	1.797	1.301	10.800	10.800	63.292	-81.540	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.152	-0.366	10.800	1.890	79.903	-70.154	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.293	-1.856	2.174	2.174	93.561	-59.959	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.598	1.124	12.420	12.420	66.246	-80.349	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{93.561}{231.368}\right)^2 + \left(\frac{34.853}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.164 + 0.100 = 0.264 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-83.359}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{34.853}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.192 + 0.100 = 0.293 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/49.606)} = 1.957 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/93.561)} = 1.425 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.498 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.129 - 0.498 = 1.631 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.498 + 2.15 \times 1.631 + (-0.332) + (-1.645) + (1.446)$$

$$= 3.623 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.498 + 2.15 \times 1.631 + (1.446)$$

$$= 5.599 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 49.606 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.601 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 60.726 - 49.606 - 2.601 = 8.519 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.606 + 2.601) + 2.15 \times 8.519 + (2.565) + (16.612) + (13.658)$$

$$= 119.020 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.606 + 2.601) + 2.15 \times 8.519 + (13.658)$$

$$= 99.843 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -44.611 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.064 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -83.359 - -44.611 - -9.064 = -29.684 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.611 + -9.064) + 2.15 \times -29.684 + (1.819) + (11.386) + (-10.195)$$

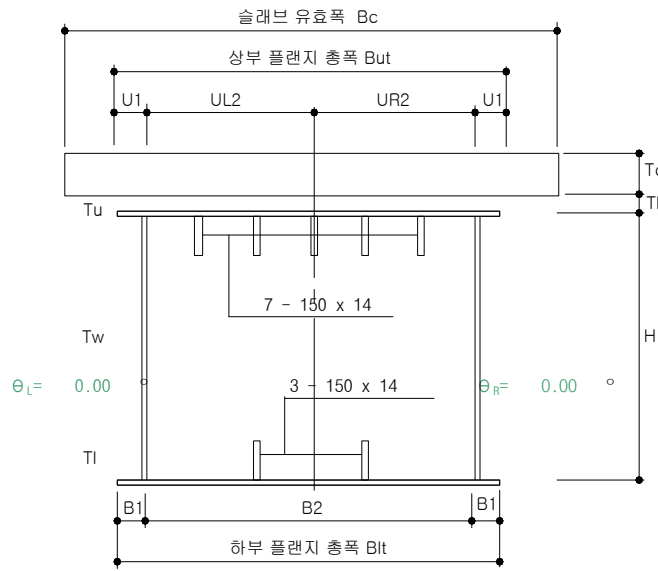
$$= -130.588 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.611 + -9.064) + 2.15 \times -29.684 + (-10.195)$$

$$= -143.793 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 18 > : 절점 48 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
TI = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트 의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트 의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트 의 선팅창계수		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	12487.606
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2947.053
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6364.403
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-338.756
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-75.626
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-404.608
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-34.092
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-4.250
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-435.004

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

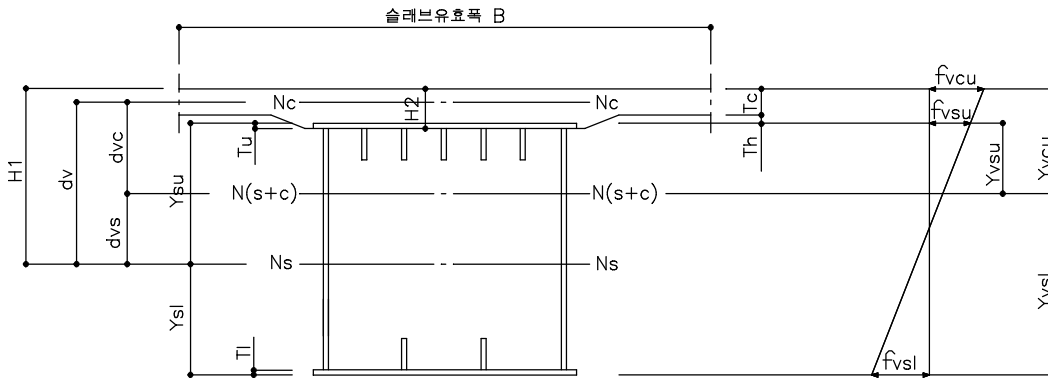
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	18.0	50400	-1209.0	-60933600	73668722400	1360800
강단면 합계			162600		-10962000	1.49116E+11	27689139000
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 162600 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times (-67.417)^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - (-67.417) = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 90.744 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -81.606 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.106 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 704.9 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= dvc + T_c/2 = 829.9 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 579.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H2 + T_u = 541.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1888.1 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_{c/n} + A_s \cdot dvs^2 + A_{c/n} \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.874 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.610 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = & 4.563 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = & -15.901 & \text{MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 1.341 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 1.887 & \text{MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 1.318 & \text{MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = & 9.855 & \text{MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = & -34.340 & \text{MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = & 9.879 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = & 8 \times (1 + 2.0 / 2) = & 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = & 247670.3 & \text{mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc_1 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) = & 947.0 & \text{mm} & K = 0.384 \\
ds_1 &= d_v - dc_1 = & 495.4 & \text{mm} \\
Y_{v1cu} &= dc_1 + T_c / 2 = & 1072.0 & \text{mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = & 822.0 & \text{mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = & 784.0 & \text{mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = & -1646.0 & \text{mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot ds_1^2 + A_c / n_1 \cdot dc_1^2 = & 292709122641 & \text{mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = & 1009982 & \text{N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = & 1009982 & \text{N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc_1 = & 956424880 & \text{N} \cdot \text{mm} \\
Ec_1 &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = & 13351 & \text{MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = & 0.874 & \text{MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = & 0.610 & \text{MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.535 & \text{MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - Ec_1 \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / Ec = & -0.291 & \text{MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = & 5.062 & \text{MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_{v1} + k \cdot M\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = & 2.013 & \text{MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n_2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = & 8 \times (1 + 4.0 / 2) = & 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 = & 219313.542 & \text{mm}^2 \\
dc_2 &= d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = & 1069.4 & \text{mm} \\
ds_2 &= d_v - dc_2 = & 373.0 & \text{mm} \\
Y_{v2cu} &= dc_2 + T_c / 2 = & 1194.4 & \text{mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = & 944.4 & \text{mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = & 906.4 & \text{mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = & -1523.6 & \text{mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c / n_2 + A_s \cdot ds_2^2 + A_c / n_2 \cdot dc_2^2 = & 263844362605.3 & \text{mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = & 3215658 & \text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot dc_2 = & 3438869897 & \text{N} \cdot \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{c2} &= E_s \cdot \rho / \rho_{28} = 8750 \text{ MPa} \\
 f_{vcu2} &= 1/n \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.502 \text{ MPa} \\
 f_{vcl2} &= 1/n \cdot (P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.555 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su} / I_{v2} = 19.199 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2 / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl} / I_{v2} = 7.037 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4287544 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.249 \text{ MPa} \\
 f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl} / I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.353 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_v = 14.683 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1 / A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_v = 6.624 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 17.327 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	90.744	-81.606	177.975	190.000
1+2+3	2.760	1.929	10.800	10.800	105.162	-131.847	177.975	190.000
1+2+3+4	2.226	1.638	10.800	10.800	110.224	-129.835	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.723	0.083	10.800	10.800	129.423	-122.798	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.526	-1.270	2.174	2.174	144.105	-116.174	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.972	1.436	12.420	12.420	114.740	-129.422	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{129.423}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{17.327}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.400 + 0.025 = 0.425 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-131.847}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{17.327}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.482 + 0.025 = 0.506 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/90.744)} = 1.447 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.148) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/144.105)} = 1.148 < 1.2 \Rightarrow 1.148$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.874 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.76 - 0.874 = 1.887 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.874 + 2.15 \times 1.887 + (-0.535) + (-1.502) + (1.249)$$

$$= 4.404 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.874 + 2.15 \times 1.887 + (1.249)$$

$$= 6.441 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 90.744 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.563 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 105.162 - 90.744 - 4.563 = 9.855 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (90.744 + 4.563) + 2.15 \times 9.855 + (5.062) + (19.199) + (14.683)$$

$$= 184.030 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (90.744 + 4.563) + 2.15 \times 9.855 + (14.683)$$

$$= 159.770 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -81.606 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -15.901 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -131.847 - -81.606 - -15.901 = -34.340 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-81.606 + -15.901) + 2.15 \times -34.34 + (2.013) + (7.037) + (-6.624)$$

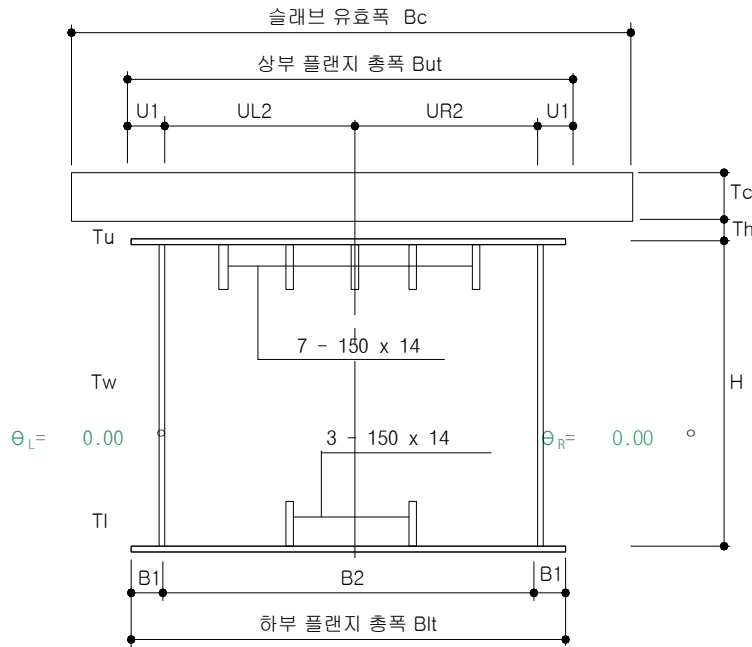
$$= -198.165 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-81.606 + -15.901) + 2.15 \times -34.34 + (-6.624)$$

$$= -207.215 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 19 > : 절점 51 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 5.445 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.800 , Ble= 2.800 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.012 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	10670.081
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2501.039
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4728.635
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	629.950
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	143.896
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	438.940
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	140.919
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	53.175
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	850.714

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

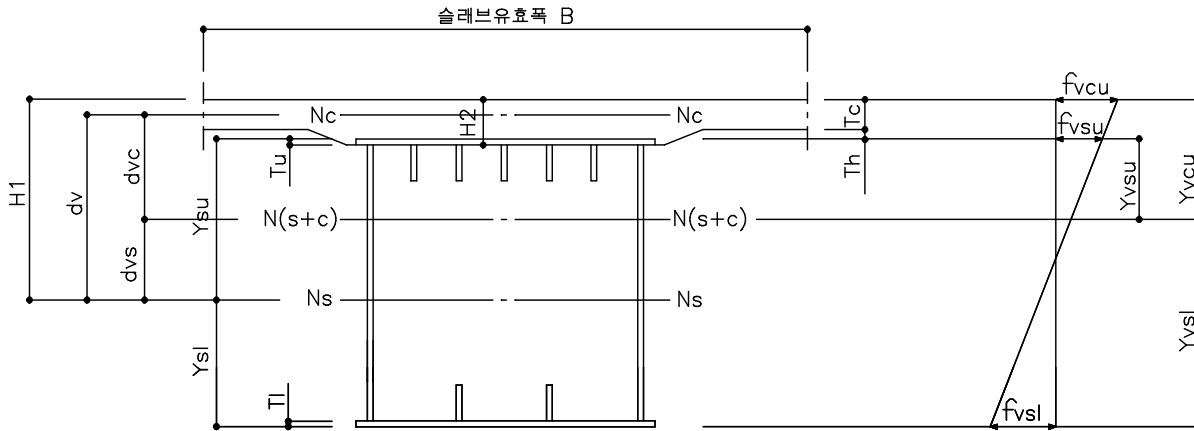
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	12.0	33600	-1206.0	-40521600	48869049600	403200
강단면 합계			145800		9450000	1.24316E+11	27688181400
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

* As = 145800 mm² , Ac = 1361125 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4$$

$$\delta_s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 80.853 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -89.990 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.869 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 886149089 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 604.6 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 705.6 \text{ mm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + T_c/2 = 729.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 479.6 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H_2 + T_u = 441.6 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1982.4 \text{ mm} \\
I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.795 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.522 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 3.848 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -17.272 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 2.848 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.502 \text{ MPa} \\
f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.988 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 7.275 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -32.655 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 13.211 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 230870.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 827.4 \text{ mm} & K = 0.728 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 482.8 \text{ mm} \\
Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 952.4 \text{ mm} \\
Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 702.4 \text{ mm} \\
Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H_2 + T_u = 664.4 \text{ mm} \\
Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1759.6 \text{ mm} \\
I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 244056617804 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 896280 \text{ N} \\
P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 896280 \text{ N} \\
M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 741592975 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.795 \text{ MPa} \\
f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.522 \text{ MPa} \\
f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.420 \text{ MPa} \\
f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.183 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 5.352 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = -0.010 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 202513.542 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 943.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 366.9 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1068.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 818.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 780.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1643.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 221777213252.0 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3215658 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3033234363 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.258 \text{ MPa}$$

$$fvc12=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.361 \text{ MPa}$$

$$fvsu2=P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 23.648 \text{ MPa}$$

$$fvs12=P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = -0.488 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4287544 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -0.908 \text{ MPa}$$

$$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.114 \text{ MPa}$$

$$fsut=P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 16.474 \text{ MPa}$$

$$fslt=P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 0.538 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 27.927 \text{ MPa} < ua = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 8)^2 + 0.130 \times (0.0 / 8) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 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)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

★ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

★ 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	80.853	-89.990	177.975	190.000
1+2+3	2.297	1.510	10.800	10.800	91.976	-139.917	177.975	190.000
1+2+3+4	1.877	1.327	10.800	10.800	97.328	-139.927	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.619	-0.034	10.800	1.890	120.976	-140.415	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.289	-1.148	2.174	2.174	137.450	-139.877	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.527	1.080	12.420	12.420	104.501	-140.952	231.368	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{137.450}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{27.927}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.353 + 0.064 = 0.417 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-140.415}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{27.927}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.546 + 0.064 = 0.611 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/80.853)} = 1.533 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{min} = b_c / (220 \times 1.176) = 3.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/137.45)} = 1.176 < 1.2 \Rightarrow 1.176$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.795 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.297 - 0.795 = 1.502 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.795 + 2.15 \times 1.502 + (-0.42) + (-1.258) + (0.908)$$

$$= 3.493 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.795 + 2.15 \times 1.502 + (0.908)$$

$$= 5.171 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 80.853 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.848 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 91.976 - 80.853 - 3.848 = 7.275 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.853 + 3.848) + 2.15 \times 7.275 + (5.352) + (23.648) + (16.474)$$

$$= 171.226 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.853 + 3.848) + 2.15 \times 7.275 + (16.474)$$

$$= 142.227 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -89.990 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vs} = -17.272 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -139.917 - 89.99 - 17.272 = -32.655 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.99 + -17.272) + 2.15 \times -32.655 + (-0.01) + (-0.488) + (-0.538)$$

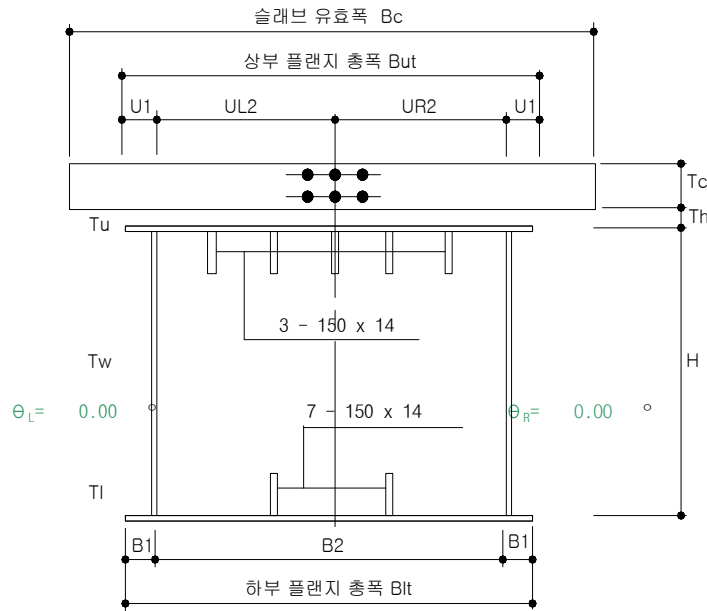
$$= -210.684 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.99 + -17.272) + 2.15 \times -32.655 + (-0.538)$$

$$= -210.186 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< S P L I C E - 3 > : 절점 8 로 부터 이격 거리 4.364 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 4.732 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

Tl = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8315.765
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1723.283
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5409.034
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1579.126
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	350.840
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	744.114
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	36.738
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	107.254
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	761.386
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

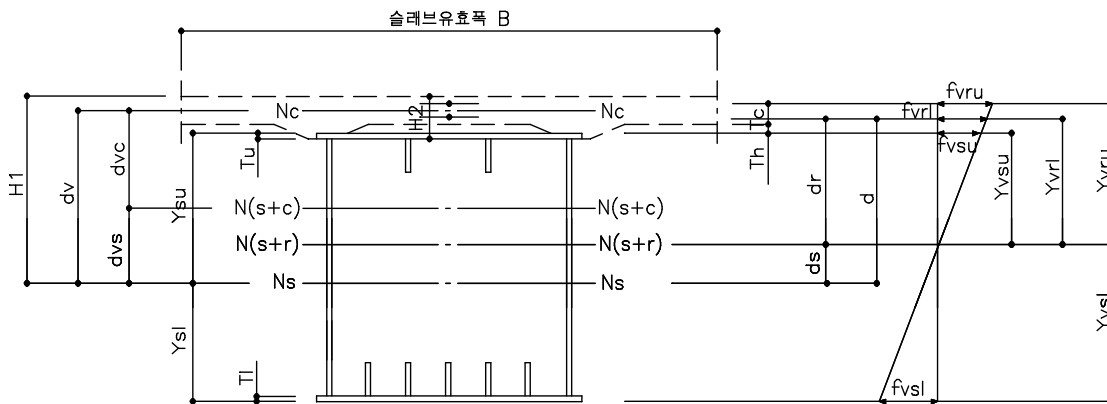
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			196136		-9450000	199232077122	27693016733
UPPER RE-BAR	-	-	18316	1440.00	26375040	37980057600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18316	1290.00	23627640	30479655600	-
RE-BAR 합계			36632		50002680	68459713200	-
1 - RC SLAB	4731.5	250.0	1182885	1375.00	1626466666	2236391666223	6160858585

* As = 196136 mm² , Ac = 1182885 mm² , Ar = 36632 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 199232077122 + 27693016733 = 226925093855 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 196136 = -48.181 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 226925093855 - 196136 \times (-48.181)^2 = 226469785021 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-48.181) = 1272.181 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1272.181 - 2448.000 = -1175.819 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -46.713 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 43.175 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 27.657 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 232768 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1413.181 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1190.781 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 222.400 \text{ mm} \\
 Y_{vu} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1265.781 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1115.781 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1049.781 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1398.219 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 288113695290 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -7.571 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -6.674 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -6.279 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 8.363 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.792 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -23.764 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -20.948 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -19.709 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 26.250 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 17.897 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 343996.708 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1423.181 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 811.453 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 611.728 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 270066.405 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1033.587 \text{ mm} \quad K = -0.107 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 389.594 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 397995865832.5 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -519510 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -519510 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -536958751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.979 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.009 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.023 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.511 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 245422.971 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1137.372 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 285.809 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2794565 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3178459649 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 10.512 \text{ MPa} \\
fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/lrv = 10.689 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 10.767 \text{ MPa} \\
fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/lrv = 13.656 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3726087 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3023544475 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon t = -10.614 \text{ MPa} \\
fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/lrv - Es \cdot \epsilon t = -10.445 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 14.829 \text{ MPa} \\
fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/lrv = 17.578 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\upsilon = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 Fv Tw)) = 52.347 \text{ MPa} < \upsilon a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 24.0 \text{ mm}$

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	-46.713	43.175	190.000	190.000
1+2+3	-31.335	-27.621	160.000	-72.701	77.788	190.000	190.000
1+2+3+4	-33.314	-29.631	160.000	-74.723	75.278	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-22.802	-18.942	160.000	-63.957	88.934	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-33.416	-29.387	184.000	-49.128	106.512	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-12.189	-8.497	184.000	-78.786	71.356	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-74.723}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{52.347}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.155 + 0.226 = 0.381 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{106.512}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{52.347}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.238 + 0.226 = 0.464 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/43.175)} = 2.098 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/106.512)} = 1.336 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.571 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -31.335 - 7.571 = -23.764 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.571 + 2.15 \times -23.764 + (-1.979) + (10.512) + (-10.614)$$

$$= -63.016 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.571 + 2.15 \times -23.764 + (-10.614)$$

$$= -71.548 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -46.713 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.279 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -72.701 - 46.713 - 6.279 = -19.709 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.713 + -6.279) + 2.15 \times -19.709 + (-2.023) + (10.767) + (-14.829)$$

$$= -117.349 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.713 + -6.279) + 2.15 \times -19.709 + (-14.829)$$

$$= -126.093 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 43.175 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 8.363 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 77.788 - 43.175 - 8.363 = 26.250 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.175 + 8.363) + 2.15 \times 26.25 + (-2.511) + (13.656) + (17.578)$$

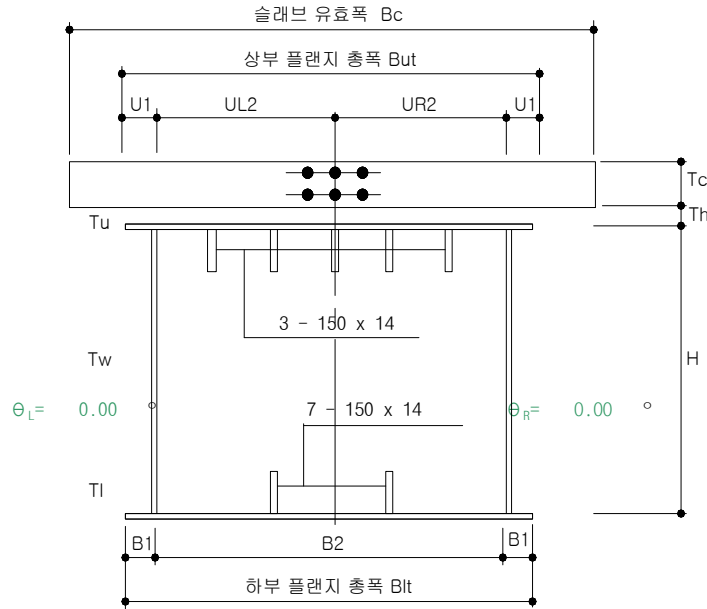
$$= 152.161 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.175 + 8.363) + 2.15 \times 26.25 + (17.578)$$

$$= 141.015 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 4 > : 절점 11 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 4.732 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.449 , Ble= 2.449 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-9352.246
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1972.622
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5259.451
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1486.455
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-331.429
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-805.204
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	31.964
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-88.580
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-786.890
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

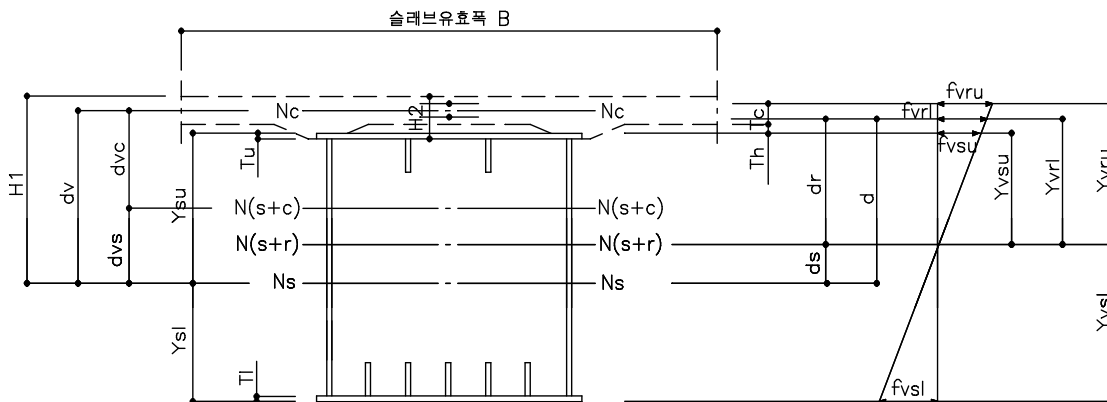
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2448.7	24.0	58768	1212.00	71226878	86326976061	2820866
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2448.7	24.0	58768	-1212.00	-71226878	86326976061	2820866
강단면 합계			196136		-9450000	199232077122	27693016733
UPPER RE-BAR	-	-	18316	1440.00	26375040	37980057600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18316	1290.00	23627640	30479655600	-
RE-BAR 합계			36632		50002680	68459713200	-
1 - RC SLAB	4731.5	250.0	1182885	1375.00	1626466666	2236391666223	6160858585

$$* A_s = 196136 \text{ mm}^2, A_c = 1182885 \text{ mm}^2, A_r = 36632 \text{ mm}^2$$

2) 응 령 검 토



(1) 합 성 전

$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s =$	199232077122	+	27693016733	=	226925093855	mm ⁴
$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s =$	-9450000	/	196136	=	-48.181	mm
$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 =$	226925093855	-	196136	$\times$	-48.181^2	= 226469785021 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2400.0	/ 2	+	24.0	-	-48.181 = 1272.181 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1272.181	-	2448.000	=	-1175.819	mm
$F = b \cdot h = ((UL_2 + UR_2 + B_2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) =$						6331488.0 mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s =$	-52.536	MPa				
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s =$	48.556	MPa				
$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	26.017					MPa

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 232768 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1413.181 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1190.781 \text{ mm} \\ d_s &= d - d_r = 222.400 \text{ mm} \\ Y_{vu} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1265.781 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1115.781 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1049.781 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1398.219 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 288113695290 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -8.666 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -7.639 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -7.188 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 9.573 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.333 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -23.107 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -20.368 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -19.164 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 25.524 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.124 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 343996.708 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1423.181 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 811.453 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 611.728 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 270066.405 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1033.587 \text{ mm} \quad K = -0.234 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 389.594 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 397995865832.5 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -594677 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -594677 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -614650435 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.923 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.998 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.031 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.253 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 245422.971 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1137.372 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 285.809 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2794565 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3178459649 \quad N \cdot mm \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr/|rv = 8.738 \quad MPa \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/|rv = 9.125 \quad MPa \\
 fvs2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/|rv = 9.296 \quad MPa \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/|rv = 15.615 \quad MPa
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3726087 \quad N \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3023544475 \quad N \cdot mm \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \quad MPa \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr/|rv - Es \cdot \epsilon t = -12.301 \quad MPa \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/|rv - Es \cdot \epsilon t = -11.932 \quad MPa \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/|rv = 13.430 \quad MPa \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/|rv = 19.441 \quad MPa
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 51.054 \quad MPa < v_a = 110 \quad MPa \quad O.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \quad MPa$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \quad MPa$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \quad MPa$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \quad mm$$

$$\text{따라서, } fca = 190.000 \quad MPa$$

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$fta = 160.000 \quad MPa \quad fca = 180.000 \quad MPa \quad (SD40 \text{ 사용})$$

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	-52.536	48.556	190.000	190.000
1+2+3	-31.773	-28.008	160.000	-78.887	83.654	190.000	190.000
1+2+3+4	-33.696	-30.006	160.000	-80.917	80.401	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-24.958	-20.880	160.000	-71.622	96.016	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-37.258	-32.812	184.000	-58.192	115.457	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-12.657	-8.948	184.000	-85.051	76.575	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-80.917}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.054}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.181 + 0.215 = 0.397 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{115.457}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{51.054}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.279 + 0.215 = 0.495 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/48.556)} = 1.978 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/115.457)} = 1.283 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -8.666 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -31.773 - 8.666 = -23.107 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -8.666 + 2.15 \times -23.107 + (-1.923) + (8.738) + (-12.301)$$

$$= -66.431 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -8.666 + 2.15 \times -23.107 + (-12.301)$$

$$= -73.246 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -52.536 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -7.188 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -78.887 - 52.536 - 7.188 = -19.163 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.536 + -7.188) + 2.15 \times -19.163 + (-2.031) + (9.296) + (-13.43)$$

$$= -125.006 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.536 + -7.188) + 2.15 \times -19.163 + (-13.43)$$

$$= -132.271 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.556 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 9.573 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 83.654 - 48.556 - 9.573 = 25.525 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.556 + 9.573) + 2.15 \times 25.525 + (-3.253) + (15.615) + (19.441)$$

$$= 162.249 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

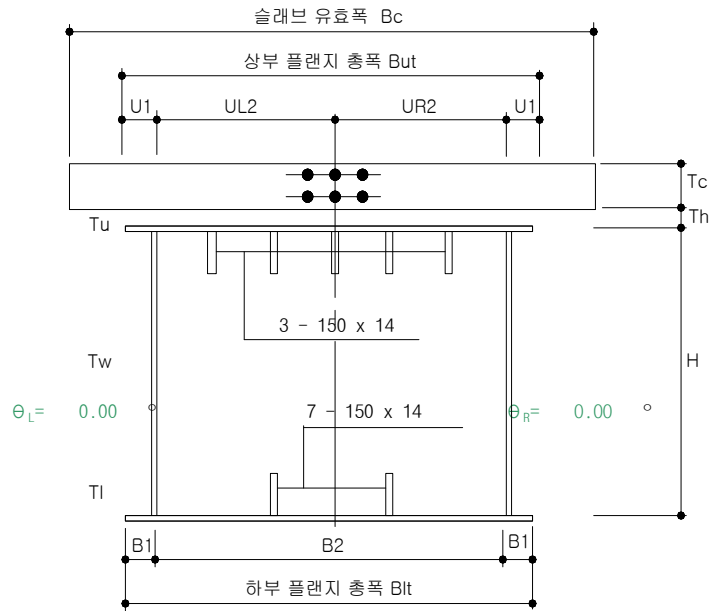
$$\Sigma f = 1.3 \times (48.556 + 9.573) + 2.15 \times 25.525 + (19.441)$$

$$= 149.887 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 7 > : 절점 19 로 부터 이격 거리 3.117 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
Bc = 4.798 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8646.206
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1854.713
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5892.274
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1450.607
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	325.954
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	803.195
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-25.847
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	90.236
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	801.285
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

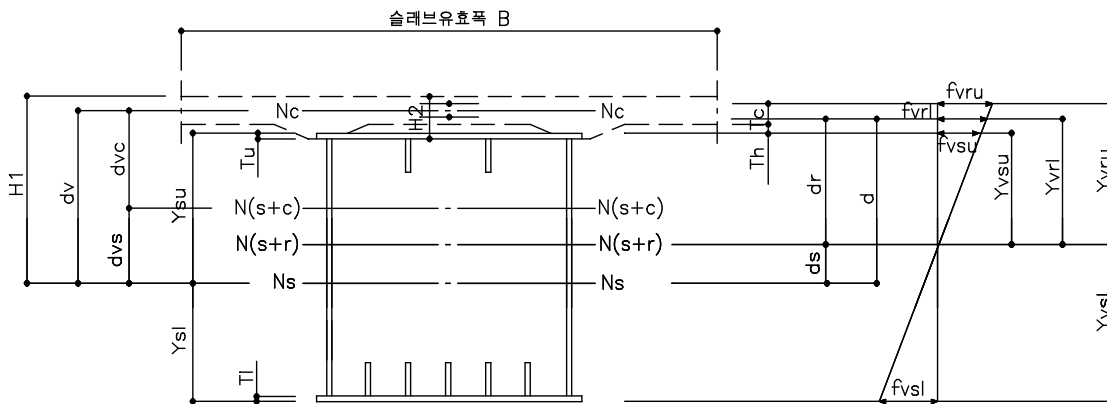
합성후 사하중 : 난간 및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	18573	1440.00	26745120	38512972800	-
LOWER RE-BAR	-	-	18573	1290.00	23959170	30907329300	-
RE-BAR 합계			37146		50704290	69420302100	-
1 - RC SLAB	4798.0	250.0	1199508	1375.00	1649323354	2267819612094	6247436948

* $A_s = 197722 \text{ mm}^2$, $A_c = 1199508 \text{ mm}^2$, $A_r = 37146 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -48.060 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 44.448 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.354 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 223.443 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.351 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.351 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.351 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.649 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 291219478037 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -8.052 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -7.097 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -6.677 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 8.914 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.249 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.582 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.547 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.211 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 28.319 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.184 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347660.237 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.173 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.621 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1031.634 \text{ mm} \quad K = 0.021 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.160 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -559478 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -559478 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -577176626 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.435 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.428 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.426 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.324 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2833837 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3218424619 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr2/lrv = 12.359 \quad \text{MPa} \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/lrv = 12.324 \quad \text{MPa} \\
 fvs2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs2/lrv = 12.309 \quad \text{MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/lrv = 11.741 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3778450 \quad \text{N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3057421021 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \quad \text{MPa} \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr2/lrv - Es \cdot \epsilon t = -8.834 \quad \text{MPa} \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/lrv - Es \cdot \epsilon t = -8.867 \quad \text{MPa} \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs2/lrv = 16.319 \quad \text{MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/lrv = 15.779 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 50.447 \quad \text{MPa} < v_a = 110 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \quad \text{MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \quad \text{mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \quad \text{MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \quad \text{mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190 - 3.9 (b / (tl \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad \text{mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 220000 \times \{ (tl \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \quad \text{MPa}$$

$$\text{사용 } tl = 24.0 \quad \text{mm}$$

$$\text{따라서, } fca = 190.000 \quad \text{MPa}$$

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$fta = 160.000 \quad \text{MPa} \quad fca = 180.000 \quad \text{MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

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	-48.060	44.448	190.000	190.000
1+2+3	-33.634	-29.644	160.000	-75.948	81.681	190.000	190.000
1+2+3+4	-36.069	-32.072	160.000	-78.374	79.357	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-23.710	-19.748	160.000	-66.065	91.098	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-32.543	-28.615	184.000	-49.746	106.877	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-14.876	-10.881	184.000	-82.383	75.319	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-78.374}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{50.447}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.170 + 0.210 = 0.380 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{106.877}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{50.447}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.239 + 0.210 = 0.450 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/44.448)} = 2.068 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/106.877)} = 1.333 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\begin{aligned} \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = & -8.052 & \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -33.634 - 8.052 = & -25.582 & \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times -8.052 + 2.15 \times -25.582 + (-2.435) + (12.359) + (-8.834) \\ &= -64.378 \text{ MPa} < f_y = & 400.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \\ \Sigma f &= 1.3 \times -8.052 + 2.15 \times -25.582 + (-8.834) \\ &= -74.303 \text{ MPa} < f_y = & 400.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

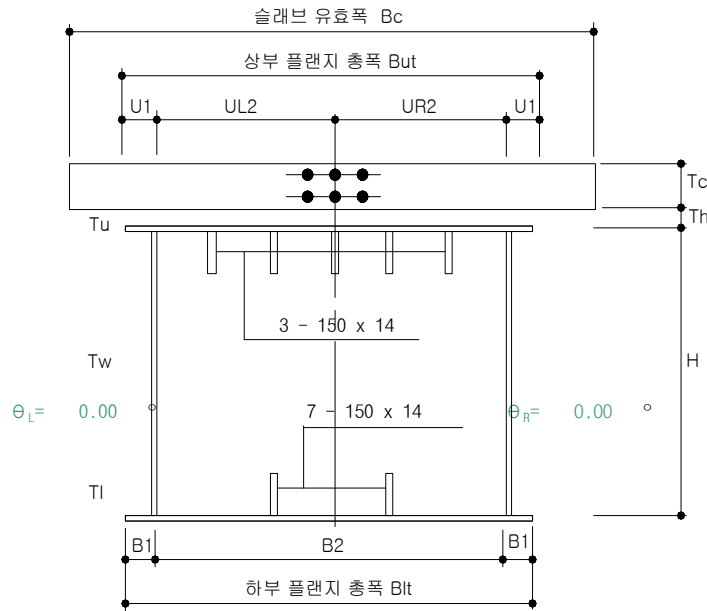
$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= & -48.060 & \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = & -6.677 & \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= -75.948 - 48.06 - 6.677 = & -21.211 & \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-48.06 + -6.677) + 2.15 \times -21.211 + (-2.426) + (12.309) + (-16.319) \\ &= -123.197 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-48.06 + -6.677) + 2.15 \times -21.211 + (-16.319) \\ &= -133.080 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned} \text{합성전 사하중 응력} &= & 44.448 & \text{ MPa} \\ \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = & 8.914 & \text{ MPa} \\ \text{합성후 활하중 응력} &= 81.681 - 44.448 - 8.914 = & 28.319 & \text{ MPa} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (44.448 + 8.914) + 2.15 \times 28.319 + (-2.324) + (11.741) + (15.779) \\ &= 155.452 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \\ \Sigma f &= 1.3 \times (44.448 + 8.914) + 2.15 \times 28.319 + (15.779) \\ &= 146.035 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

< S P L I C E - 8 > : 절점 22 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 4.798 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8474.272
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1809.348
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5798.722
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1483.425
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-334.620
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-819.283
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	7.509
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-92.693
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-811.893
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

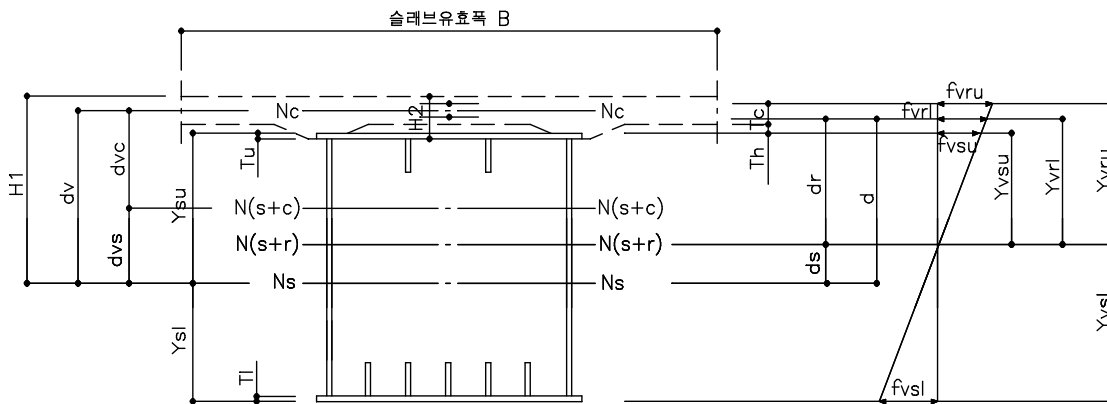
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	18573	1440.00	26745120	38512972800	-
LOWER RE-BAR	-	-	18573	1290.00	23959170	30907329300	-
RE-BAR 합계			37146		50704290	69420302100	-
1 - RC SLAB	4798.0	250.0	1199508	1375.00	1649323354	2267819612094	6247436948

* As = 197722 mm² , Ac = 1199508 mm² , Ar = 37146 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -47.104 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 43.564 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 25.803 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 223.443 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.351 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.351 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.351 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.649 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 291219478037 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -7.855 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -6.923 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -6.513 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 8.696 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.415 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.176 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.189 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -20.875 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 27.870 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.532 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347660.237 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.173 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.621 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1031.634 \text{ mm} \quad K = 0.055 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.160 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -545793 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -545793 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -563059284 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.458 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.442 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.435 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.175 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2833837 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3218424619 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr2/lrv = 12.834 \text{ MPa} \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/lrv = 12.743 \text{ MPa} \\
 fvs2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs2/lrv = 12.703 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/lrv = 11.215 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3778450 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3057421021 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \text{ MPa} \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr2/lrv - Es \cdot \epsilon t = -8.382 \text{ MPa} \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/lrv - Es \cdot \epsilon t = -8.469 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs2/lrv = 16.693 \text{ MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/lrv = 15.279 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\nu = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 Fv Tw)) = 51.652 \text{ MPa} < \nu a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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	-47.104	43.564	190.000	190.000
1+2+3	-33.031	-29.112	160.000	-74.492	80.129	190.000	190.000
1+2+3+4	-35.489	-31.555	160.000	-76.927	77.954	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-22.655	-18.812	160.000	-64.224	89.169	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-31.037	-27.281	184.000	-47.532	104.449	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-14.273	-10.343	184.000	-80.917	73.890	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-76.927}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{51.652}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.164 + 0.220 = 0.384 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{104.449}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{51.652}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.229 + 0.220 = 0.449 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/43.564)} = 2.088 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/104.449)} = 1.349 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\begin{aligned}
 \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / l_{rv} \times Y_{vru} = & -7.855 & \text{ MPa} \\
 \text{합성후 활하중 응력} &= -33.031 - -7.855 = & -25.176 & \text{ MPa} \\
 \Sigma f &= 1.3 \times -7.855 + 2.15 \times -25.176 + (-2.458) + (12.834) + (-8.382) \\
 &= -62.346 \text{ MPa} < f_y = & 400.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \\
 \Sigma f &= 1.3 \times -7.855 + 2.15 \times -25.176 + (-8.382) \\
 &= -72.722 \text{ MPa} < f_y = & 400.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 제외시)}
 \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

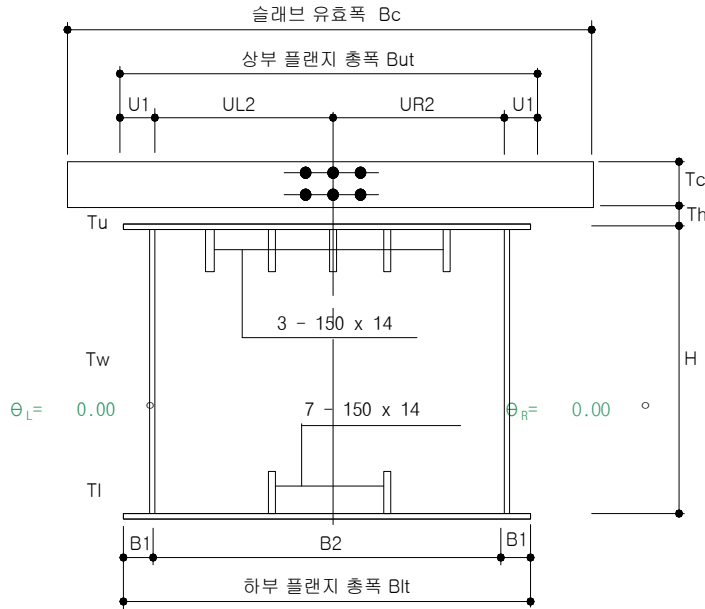
$$\begin{aligned}
 \text{합성전 사하중 응력} &= & -47.104 & \text{ MPa} \\
 \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / l_{rv} \times Y_{vsu} = & -6.513 & \text{ MPa} \\
 \text{합성후 활하중 응력} &= -74.492 - -47.104 - -6.513 = & -20.875 & \text{ MPa} \\
 \Sigma f &= 1.3 \times (-47.104 + -6.513) + 2.15 \times -20.875 + (-2.435) + (12.703) + (-16.693) \\
 &= -121.008 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \\
 \Sigma f &= 1.3 \times (-47.104 + -6.513) + 2.15 \times -20.875 + (-16.693) \\
 &= -131.276 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 제외시)}
 \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\begin{aligned}
 \text{합성전 사하중 응력} &= & 43.564 & \text{ MPa} \\
 \text{합성후 사하중 응력} &= M_{sc} / l_{rv} \times Y_{vsl} = & 8.696 & \text{ MPa} \\
 \text{합성후 활하중 응력} &= 80.129 - 43.564 - 8.696 = & 27.869 & \text{ MPa} \\
 \Sigma f &= 1.3 \times (43.564 + 8.696) + 2.15 \times 27.869 + (-2.175) + (11.215) + (15.279) \\
 &= 152.176 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \\
 \Sigma f &= 1.3 \times (43.564 + 8.696) + 2.15 \times 27.869 + (15.279) \\
 &= 143.136 \text{ MPa} < f_y = & 320.0 \text{ MPa} & \text{ 0.K. (크리프, 건조수축 제외시)}
 \end{aligned}$$

< S P L I C E - 11 > : 절점 30 로 부터 이격 거리 3.117 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 4.798 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

Tl = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선형팽창계수		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	-7311.795
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1582.095
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5779.830
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1426.854
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	323.639
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	813.217
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-3.059
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	93.306
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	820.566
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

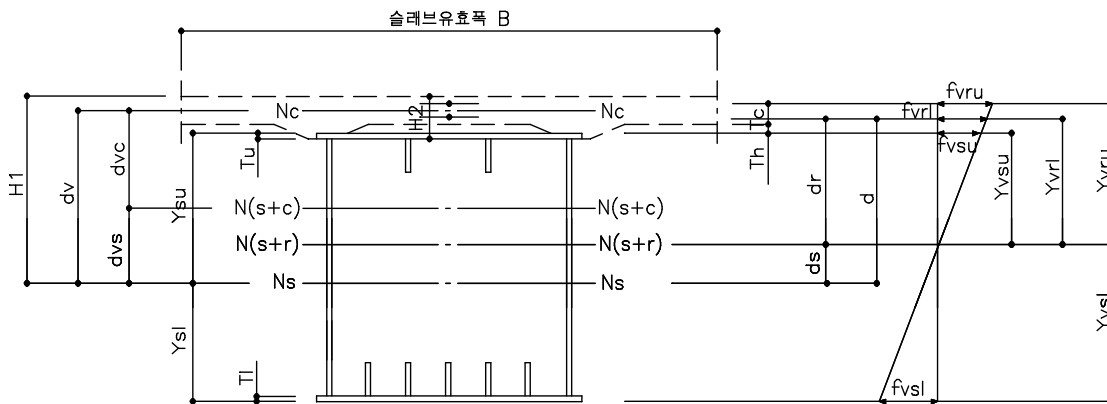
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	18573	1440.00	26745120	38512972800	-
LOWER RE-BAR	-	-	18573	1290.00	23959170	30907329300	-
RE-BAR 합계			37146		50704290	69420302100	-
1 - RC SLAB	4798.0	250.0	1199508	1375.00	1649323354	2267819612094	6247436948

* As = 197722 mm² , Ac = 1199508 mm² , Ar = 37146 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -40.642 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 37.588 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 24.792 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 223.443 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.351 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.351 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.351 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.649 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 291219478037 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -6.869 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -6.054 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -5.695 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 7.604 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.229 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.094 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.117 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -20.807 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 27.779 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.484 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347660.237 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.173 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.621 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1031.634 \text{ mm} \quad K = 0.064 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.160 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -477242 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -477242 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -492339383 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.169 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.153 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.145 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -1.881 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2833837 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3218424619 \quad N \cdot mm \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr/ lrv = 12.960 \quad MPa \\
 fvr l2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr l/ lrv = 12.854 \quad MPa \\
 fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/ lrv = 12.807 \quad MPa \\
 fvs l2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs l/ lrv = 11.076 \quad MPa
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3778450 \quad N \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3057421021 \quad N \cdot mm \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \quad MPa \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr/ lrv - Es \cdot \epsilon t = -8.263 \quad MPa \\
 fr l t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr l/ lrv - Es \cdot \epsilon t = -8.364 \quad MPa \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/ lrv = 16.792 \quad MPa \\
 fs l t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs l/ lrv = 15.147 \quad MPa
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 50.464 \quad MPa < v_a = 110 \quad MPa \quad O.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \quad MPa$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \quad MPa$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190 - 3.9 (b / (tl \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 220000 \times \{ (tl \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \quad MPa$$

$$\text{사용 } tl = 24.0 \quad mm$$

$$\text{따라서, } fca = 190.000 \quad MPa$$

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$fta = 160.000 \quad MPa \quad fca = 180.000 \quad MPa \quad (SD40 \text{ 사용 })$$

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	-40.642	37.588	190.000	190.000
1+2+3	-31.962	-28.170	160.000	-67.144	72.970	190.000	190.000
1+2+3+4	-34.131	-30.323	160.000	-69.290	71.090	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-21.171	-17.469	160.000	-56.483	82.166	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-29.434	-25.833	184.000	-39.691	97.313	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-12.908	-9.105	184.000	-73.275	67.018	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-69.290}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{50.464}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.133 + 0.210 = 0.343 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{97.313}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{50.464}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.198 + 0.210 = 0.409 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/37.588)} = 2.248 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/97.313)} = 1.397 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -6.869 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -31.962 - -6.869 = -25.094 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.869 + 2.15 \times -25.094 + (-2.169) + (12.96) + (-8.263)$$

$$= -60.352 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.869 + 2.15 \times -25.094 + (-8.263)$$

$$= -71.143 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -40.642 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -5.695 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -67.144 - -40.642 - -5.695 = -20.807 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.642 + -5.695) + 2.15 \times -20.807 + (-2.145) + (12.807) + (-16.792)$$

$$= -111.104 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.642 + -5.695) + 2.15 \times -20.807 + (-16.792)$$

$$= -121.766 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 37.588 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 7.604 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 72.97 - 37.588 - 7.604 = 27.779 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (37.588 + 7.604) + 2.15 \times 27.779 + (-1.881) + (11.076) + (15.147)$$

$$= 142.816 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

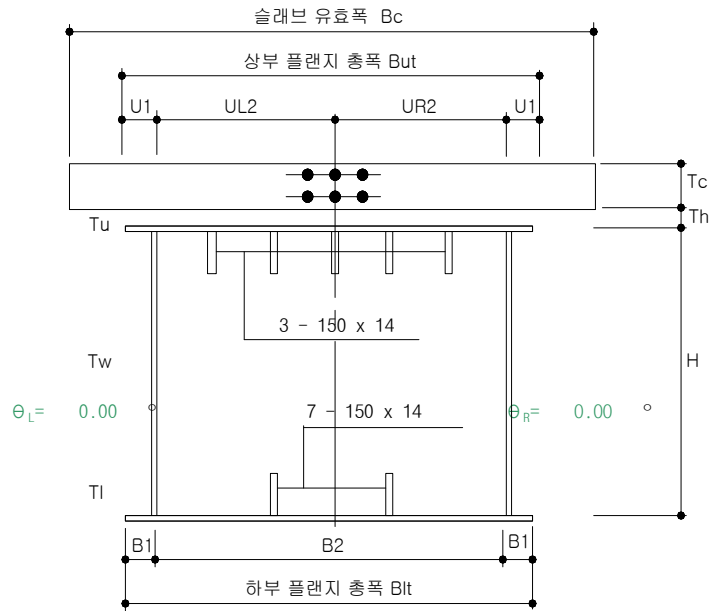
$$\Sigma f = 1.3 \times (37.588 + 7.604) + 2.15 \times 27.779 + (15.147)$$

$$= 133.620 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 12 > : 절점 33 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
Bc = 4.798 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , B1t= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.482 , Ble= 2.482 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
TI = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-7787.206
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1685.939
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5857.024
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1338.051
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-304.242
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-798.449
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	41.618
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-87.935
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-810.221
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

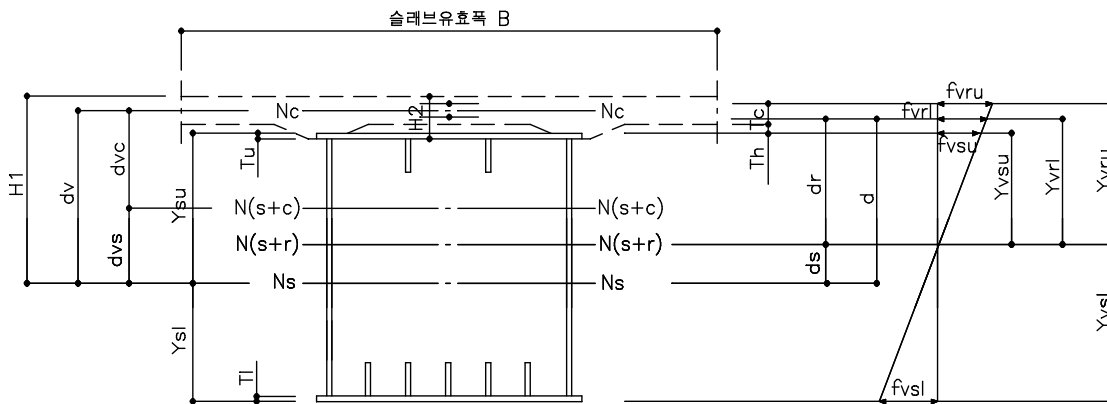
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	18573	1440.00	26745120	38512972800	-
LOWER RE-BAR	-	-	18573	1290.00	23959170	30907329300	-
RE-BAR 합계			37146		50704290	69420302100	-
1 - RC SLAB	4798.0	250.0	1199508	1375.00	1649323354	2267819612094	6247436948

* $A_s = 197722 \text{ mm}^2$, $A_c = 1199508 \text{ mm}^2$, $A_r = 37146 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201561304932 + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229254397776 - 197722 \times (-47.794)^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.794) = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -43.285 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 40.032 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 23.504 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 223.443 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.351 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.351 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.351 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.649 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 291219478037 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -7.320 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -6.451 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -6.069 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 8.103 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.857 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.429 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.412 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.084 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 28.150 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.160 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347660.237 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.173 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.621 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1031.634 \text{ mm} \quad K = 0.029 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.160 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -508567 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -508567 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -524655072 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.231 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.224 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.220 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.092 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2833837 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3218424619 \quad N \cdot mm \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 12.471 \quad MPa \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 12.423 \quad MPa \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 12.402 \quad MPa \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 11.617 \quad MPa
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\varepsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n = 3778450 \quad N \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3057421021 \quad N \cdot mm \\
Ert &= Es \cdot \varepsilon t = 25.200 \quad MPa \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \varepsilon t = -8.727 \quad MPa \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \varepsilon t = -8.773 \quad MPa \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 16.407 \quad MPa \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 15.661 \quad MPa
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 Fv Tw)) = 47.973 \quad MPa < v_a = 110 \quad MPa \quad O.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \quad mm$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n)} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\}^2 = 1199.716 \quad MPa$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \quad mm$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \quad MPa \quad f_{ca} = 180.000 \quad MPa \quad (\text{SD40 사용})$$

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	-43.285	40.032	190.000	190.000
1+2+3	-32.748	-28.863	160.000	-70.439	76.284	190.000	190.000
1+2+3+4	-34.980	-31.087	160.000	-72.659	74.192	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-22.509	-18.664	160.000	-60.257	85.809	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-31.236	-27.437	184.000	-43.850	101.471	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-13.781	-9.891	184.000	-76.664	70.148	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-72.659}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.973}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.146 + 0.190 = 0.336 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.471}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{47.973}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.216 + 0.190 = 0.406 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/40.032)} = 2.179 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/101.471)} = 1.368 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.320 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -32.748 - -7.32 = -25.429 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.32 + 2.15 \times -25.429 + (-2.231) + (12.471) + (-8.727)$$

$$= -62.675 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.32 + 2.15 \times -25.429 + (-8.727)$$

$$= -72.915 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -43.285 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.069 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -70.439 - -43.285 - -6.069 = -21.084 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.285 + -6.069) + 2.15 \times -21.084 + (-2.22) + (12.402) + (-16.407)$$

$$= -115.717 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-43.285 + -6.069) + 2.15 \times -21.084 + (-16.407)$$

$$= -125.899 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.032 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 8.103 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 76.284 - 40.032 - 8.103 = 28.149 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.032 + 8.103) + 2.15 \times 28.149 + (-2.092) + (11.617) + (15.661)$$

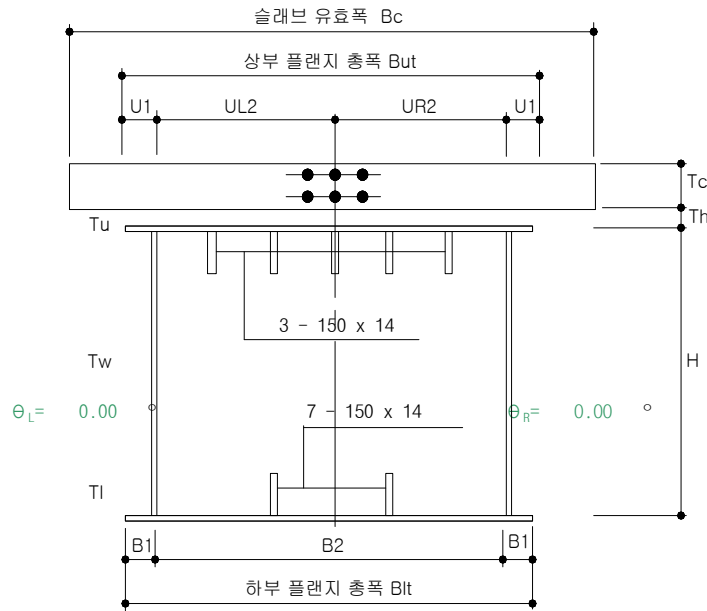
$$= 148.283 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.032 + 8.103) + 2.15 \times 28.149 + (15.661)$$

$$= 138.758 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 15 > : 절점 41 로 부터 이격 거리 3.117 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 4.794 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.480 , Ble= 2.480 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.024 m

Tl = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-12644.335
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2687.976
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5864.341
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1576.780
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	351.556
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	822.864
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-91.917
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	83.111
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	799.598
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

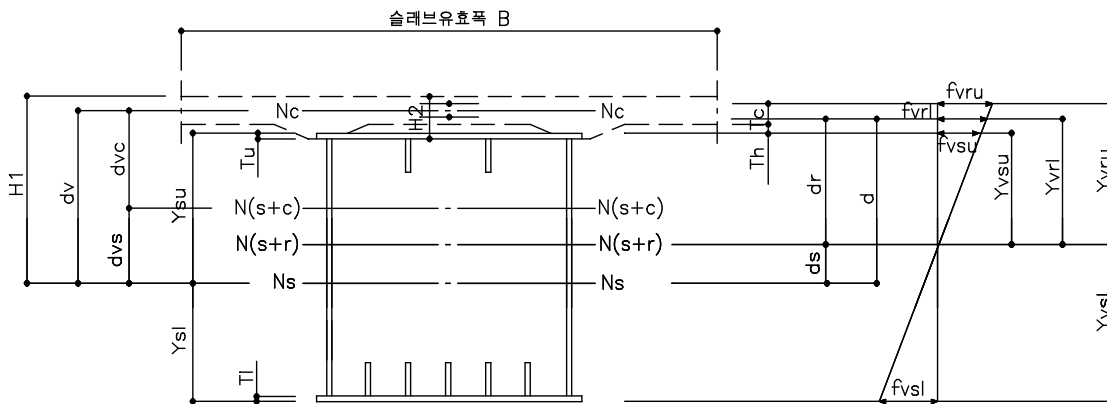
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2479.6	24.0	59511	1212.00	72127585	87418632747	2856538
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2479.6	24.0	59511	-1212.00	-72127585	87418632747	2856538
강단면 합계			197622		-9450000	201415390494	27693088076
UPPER RE-BAR	-	-	18557	1440.00	26722080	38479795200	-
LOWER RE-BAR	-	-	18557	1290.00	23938530	30880703700	-
RE-BAR 합계			37114		50660610	69360498900	-
1 - RC SLAB	4793.9	250.0	1198466	1375.00	1647891109	2265850274230	6242011775

* $A_s = 197622 \text{ mm}^2$, $A_c = 1198466 \text{ mm}^2$, $A_r = 37114 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201415390494 + 27693088076 = 229108478570 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197622 = -47.818 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 229108478570 - 197622 \times (-47.818)^2 = 228656594106 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - (-47.818) = 1271.818 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.818 - 2448.000 = -1176.182 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -70.329 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 65.041 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 27.980 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234736 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.818 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.439 \text{ mm} \\
 ds &= d - dr = 223.380 \text{ mm} \\
 Y_{vru} &= dr + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.439 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.439 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.439 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.561 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 291025226562 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -11.679 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -10.293 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -9.684 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 12.927 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.647 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -25.479 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.457 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.127 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 28.202 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.514 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347430.700 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.818 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.315 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.504 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 272526.558 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1031.756 \text{ mm} \quad K = -0.252 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.063 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 401942297260.6 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -810802 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -810802 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -836549947 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.538 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.647 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.695 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -4.468 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 247558.511 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1135.816 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.003 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2831377 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3215921696 \quad N \cdot mm \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr2/lrv = 8.541 \quad MPa \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/lrv = 8.959 \quad MPa \\
 fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu2/lrv = 9.142 \quad MPa \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/lrv = 15.959 \quad MPa
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3775169 \quad N \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3055300096 \quad N \cdot mm \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \quad MPa \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr2/lrv - Es \cdot \epsilon t = -12.463 \quad MPa \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/lrv - Es \cdot \epsilon t = -12.066 \quad MPa \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu2/lrv = 13.309 \quad MPa \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/lrv = 19.785 \quad MPa
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 52.931 \quad MPa < \upsilon a = 110 \quad MPa \quad O.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \quad MPa$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \quad MPa$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190 - 3.9 (b / (tl \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad mm$$

$$\text{인 경우 : } fca = 220000 \times \{ (tl \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \quad MPa$$

$$\text{사용 } tl = 24.0 \quad mm$$

$$\text{따라서, } fca = 190.000 \quad MPa$$

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$fta = 160.000 \quad MPa \quad fca = 180.000 \quad MPa \quad (SD40 \text{ 사용})$$

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	-70.329	65.041	190.000	190.000
1+2+3	-37.158	-32.750	160.000	-101.140	106.170	190.000	190.000
1+2+3+4	-39.696	-35.397	160.000	-103.834	101.702	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-31.155	-26.438	160.000	-94.692	117.661	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-43.618	-38.504	184.000	-81.383	137.446	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-18.693	-14.372	184.000	-108.001	97.876	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-103.834}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{52.931}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.299 + 0.232 = 0.530 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{137.446}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{52.931}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.396 + 0.232 = 0.627 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/65.041)} = 1.709 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후} \quad t_{\min} = b / (220 \times 1.176) = 9.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/137.446)} = 1.176 < 1.2 \Rightarrow 1.176$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -11.679 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -37.158 - -11.679 = -25.479 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.679 + 2.15 \times -25.479 + (-2.538) + (8.541) + (-12.463)$$

$$= -76.422 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.679 + 2.15 \times -25.479 + (-12.463)$$

$$= -82.425 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -70.329 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.684 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -101.14 - -70.329 - -9.684 = -21.127 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-70.329 + -9.684) + 2.15 \times -21.127 + (-2.695) + (9.142) + (-13.309)$$

$$= -156.301 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-70.329 + -9.684) + 2.15 \times -21.127 + (-13.309)$$

$$= -162.749 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 65.041 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 12.927 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 106.17 - 65.041 - 12.927 = 28.202 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (65.041 + 12.927) + 2.15 \times 28.202 + (-4.468) + (15.959) + (19.785)$$

$$= 193.269 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (65.041 + 12.927) + 2.15 \times 28.202 + (19.785)$$

$$= 181.777 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.794 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.480 , Ble= 2.480 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

Structural diagram of a reinforced concrete slab and column joint. The diagram shows a cross-section of a slab with reinforcement bars (3 - 150 x 14 and 7 - 150 x 14) and a column. Dimensions include slab width Bc, slab thickness H, and reinforcement spacing. Labels include '슬래브 유효폭 Bc', '상부 플랜지 총폭 But', '하부 플랜지 총폭 Blt', 'B1', 'B2', 'U1', 'UL2', 'UR2', 'U1', 'Tw', 'Tl', 'Tu', 'Tc', 'Th', 'ΘL = 0.00', and 'ΘR = 0.00'.

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8395.722
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1709.374
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5184.226
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1757.836
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-393.146
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-770.432
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-82.320
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-91.701
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-905.943
tou, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

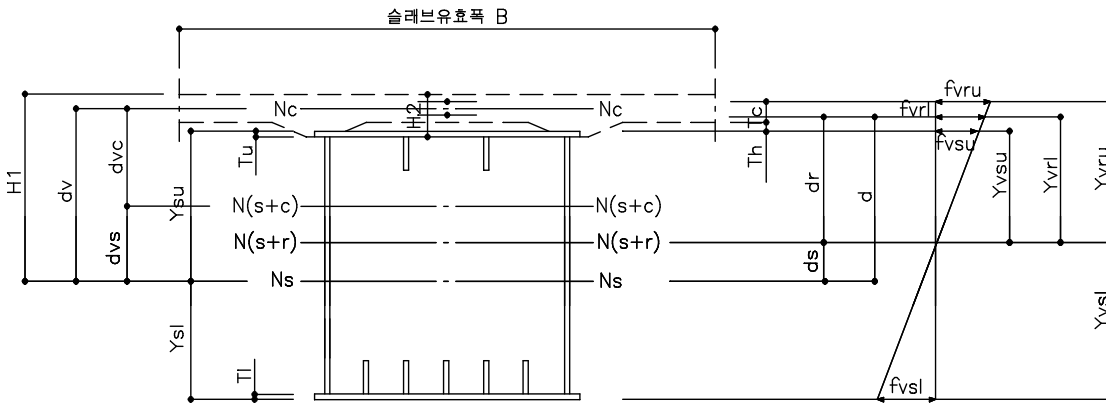
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2479.6	24.0	59511	1212.00	72127585	87418632747	2856538
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2479.6	24.0	59511	-1212.00	-72127585	87418632747	2856538
강단면 합계			197622		-9450000	201415390494	27693088076
UPPER RE-BAR	-	-	18557	1440.00	26722080	38479795200	-
LOWER RE-BAR	-	-	18557	1290.00	23938530	30880703700	-
RE-BAR 합계			37114		50660610	69360498900	-
1 - RC SLAB	4793.9	250.0	1198466	1375.00	1647891109	2265850274230	6242011775

$$* A_s = 197622 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1198466 \text{ mm}^2, \quad A_r = 37114 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$I_s = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s =$	201415390494	+	27693088076	=	229108478570	mm ⁴
$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s =$	-9450000	/	197622	=	-47.818	mm
$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 =$	229108478570	-	197622	$\times$	-47.818 ²	= 228656594106 mm ⁴
$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s =$	2400.0	/ 2	+	24.0	-	-47.818 = 1271.818 mm
$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) =$	1271.818	-	2448.000	=	-1176.182	mm
$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) =$					6331488.0	mm ²
$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s =$	-46.698					MPa
$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s =$	43.187					MPa
$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$					31.060	MPa

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 234736 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.818 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.439 \text{ mm} \\ d_s &= d - d_r = 223.380 \text{ mm} \\ Y_{vu} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.439 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.439 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.439 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.561 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 291025226562 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -7.427 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -6.546 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -6.158 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 8.221 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 7.425 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -22.524 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -19.852 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -18.677 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 24.931 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.299 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347430.700 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.818 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.315 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.504 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n1 = 272526.558 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n1 + A_s) = 1031.756 \text{ mm} \quad K = -0.117 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.063 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 401942297260.6 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -515616 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -515616 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -531990140 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.926 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.958 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.972 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -2.496 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 247558.511 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1135.816 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.003 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2831377 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3215921696 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
 fvr2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr/ Irv = 10.427 \quad \text{MPa} \\
 fvr12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvr1/ Irv = 10.621 \quad \text{MPa} \\
 fvs2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs/ Irv = 10.706 \quad \text{MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvs1/ Irv = 13.871 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3775169 \quad \text{N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 3055300096 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \\
 Ert &= Es \cdot \epsilon t = 25.200 \quad \text{MPa} \\
 frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr/ Irv - Es \cdot \epsilon t = -10.671 \quad \text{MPa} \\
 fr1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvr1/ Irv - Es \cdot \epsilon t = -10.486 \quad \text{MPa} \\
 fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs/ Irv = 14.795 \quad \text{MPa} \\
 fs1t &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvs1/ Irv = 17.802 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 57.784 \quad \text{MPa} < v_a = 110 \quad \text{MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \quad \text{MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \quad \text{mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190.0 \quad \text{MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \quad \text{mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \quad \text{mm}$$

$$\text{인 경우 : } fca = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 1199.716 \quad \text{MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \quad \text{mm}$$

$$\text{따라서, } fca = 190.000 \quad \text{MPa}$$

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$fta = 160.000 \quad \text{MPa} \quad fca = 180.000 \quad \text{MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

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	-46.698	43.187	190.000	190.000
1+2+3	-29.951	-26.398	160.000	-71.533	76.338	190.000	190.000
1+2+3+4	-31.877	-28.356	160.000	-73.505	73.842	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-21.450	-17.735	160.000	-62.799	87.714	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-32.121	-28.221	184.000	-48.004	105.516	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-10.780	-7.249	184.000	-77.593	69.912	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-73.505}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{57.784}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.150 + 0.276 = 0.426 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{105.516}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{57.784}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.233 + 0.276 = 0.509 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/43.187)} = 2.098 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/105.516)} = 1.342 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.427 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -29.951 - 7.427 = -22.524 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.427 + 2.15 \times -22.524 + (-1.926) + (10.427) + (-10.671)$$

$$= -60.252 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.427 + 2.15 \times -22.524 + (-10.671)$$

$$= -68.753 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -46.698 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.158 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -71.533 - 46.698 - 6.158 = -18.677 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.698 + -6.158) + 2.15 \times -18.677 + (-1.972) + (10.706) + (-14.795)$$

$$= -114.928 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.698 + -6.158) + 2.15 \times -18.677 + (-14.795)$$

$$= -123.663 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 43.187 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 8.221 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 76.338 - 43.187 - 8.221 = 24.931 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.187 + 8.221) + 2.15 \times 24.931 + (-2.496) + (13.871) + (17.802)$$

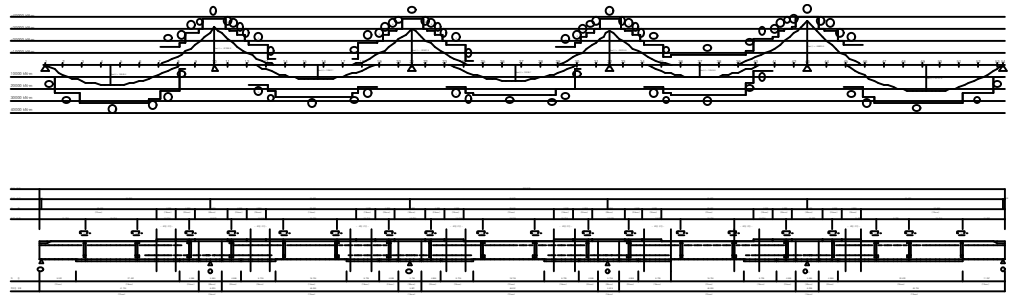
$$= 149.608 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.187 + 8.221) + 2.15 \times 24.931 + (17.802)$$

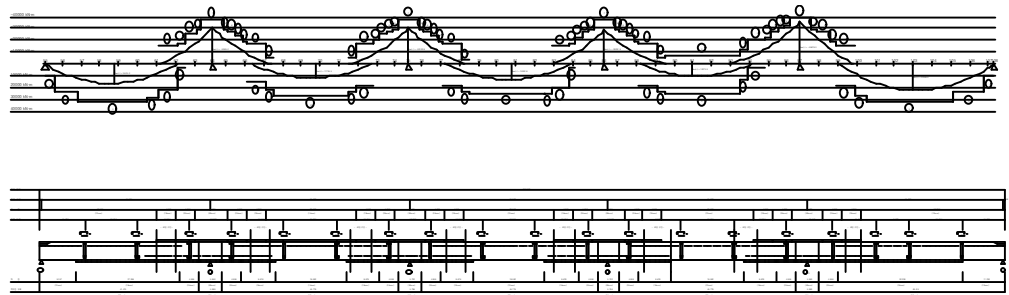
$$= 138.233 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.9 단면 요약도

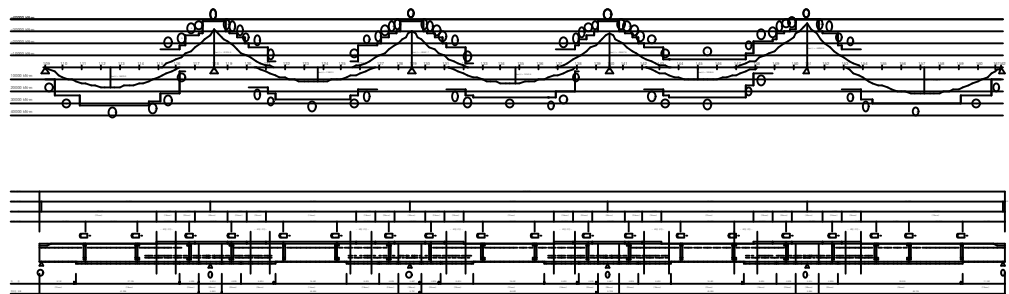
< 거더 1 >



< 거더 2 >



< 거더 3 >



5.이음부의 설계

5.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 1 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 8434.450 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6595.690 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 348.822 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 514.479 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 673.430 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 114.1 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -90.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

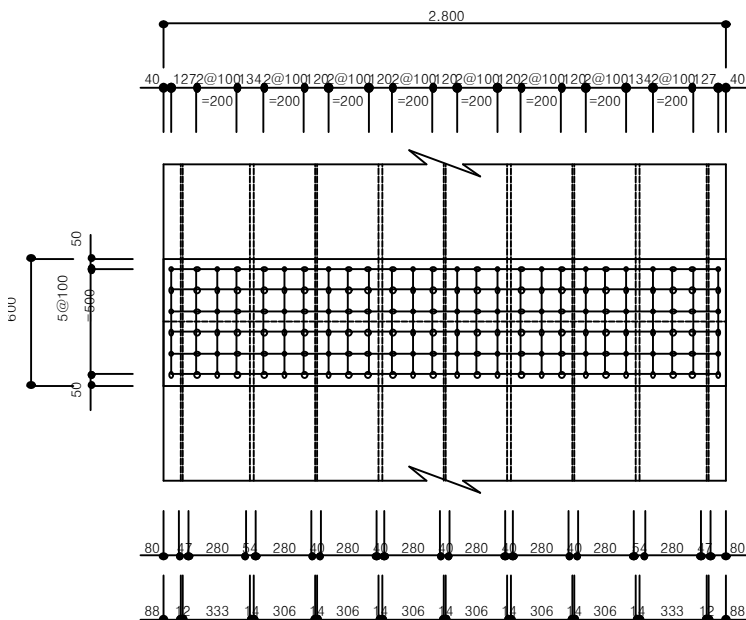
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 114.1 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.488\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.145\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3993 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(348.82 kN) , S_v : 합성후 전단력(514.48 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (541.86 - 6.0) = 18005030 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

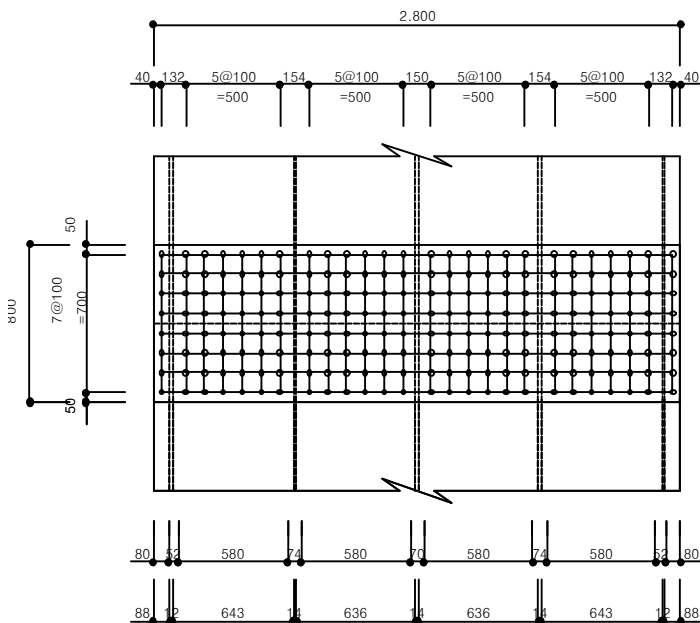
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 3993.3^2} = 61514.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 90.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{3.488E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{5.145E+05 \times 9.471E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6818 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(348.822 kN) , S_v : 합성후 전단력(514.479 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1888.14 - 9.0) = 94708454 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.49936E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 6817.8^2)} = 69393.5 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

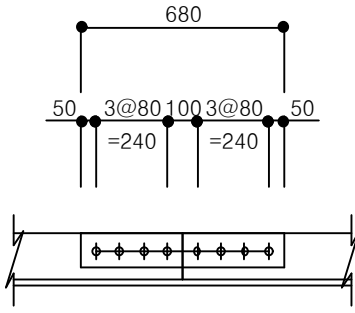
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \quad \text{EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

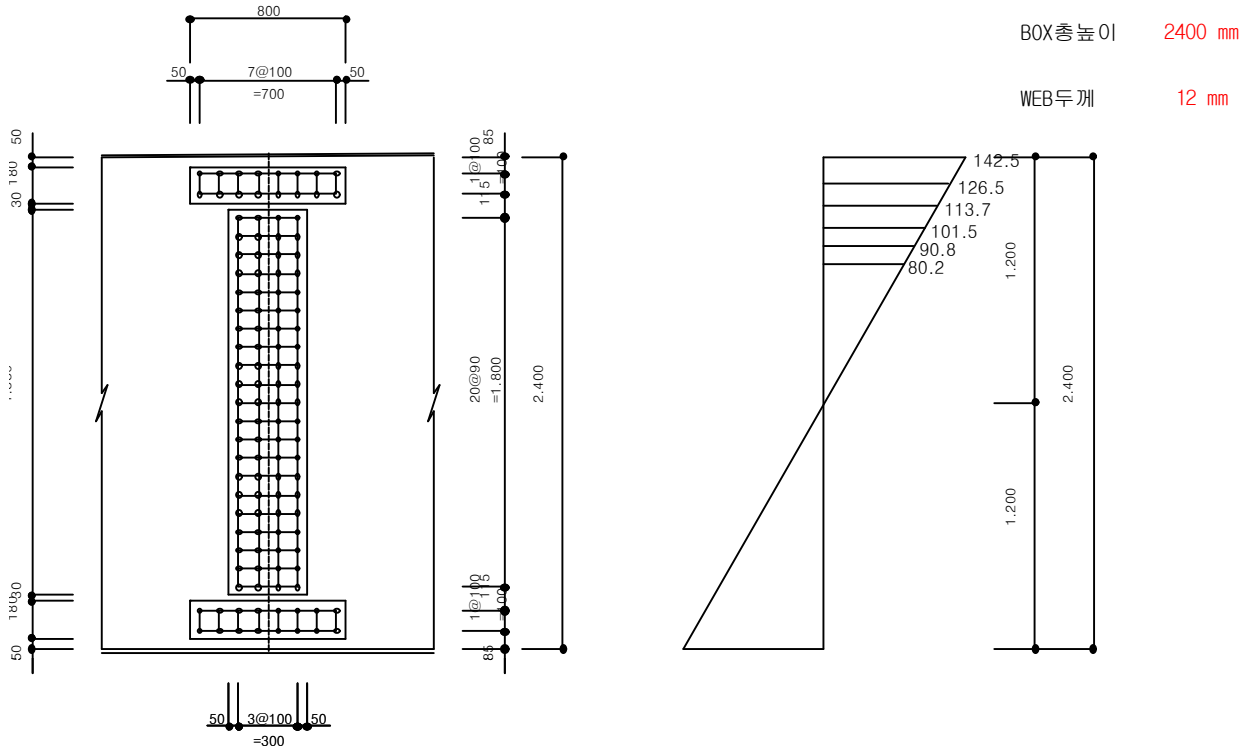
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \quad \text{O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 54466.2 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{863.3 \times 1000}{2} + \frac{673.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 9664.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 9664.8^2)} = 66886.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 27461697249 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8434.5 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 665.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 6595.7 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 517.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{ 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 8434.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{ 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 6595.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{ 강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{ 합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 3.49936E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 541.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1888.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{665.609 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{517.606 \times 1000000}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 44.139 + 6.943 = 51.082 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{665.609 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{517.606 \times 1000000}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 39.695 + 24.192 = 63.887 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

2) SPLICE - 2 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 6717.060 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7014.760 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 622.338 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 573.526 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 591.884 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 94.5 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -81.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

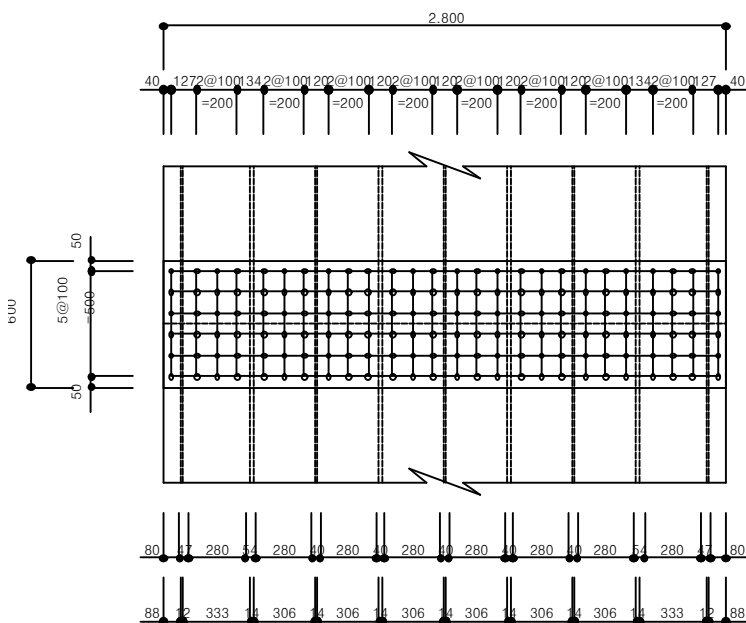
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 94.5 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.223\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.735\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6488 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(622.34 kN) , S_v : 합성후 전단력(573.53 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (541.86 - 6.0) = 18005030 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

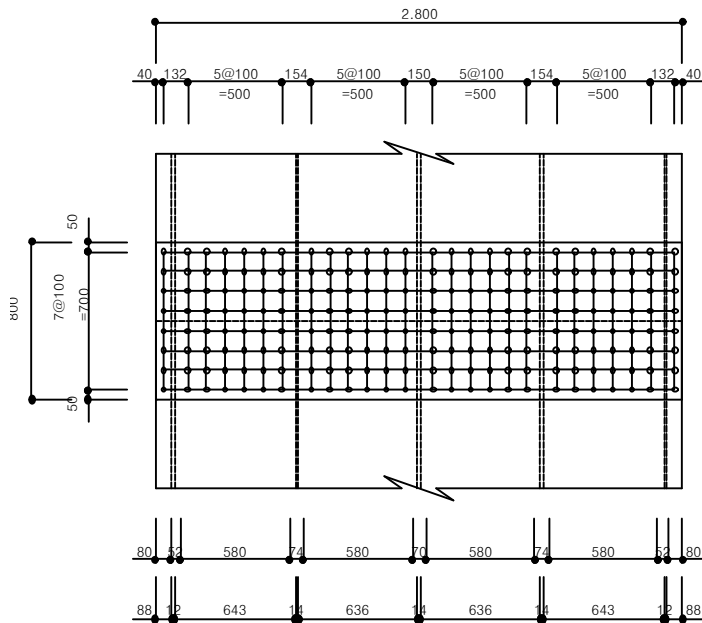
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6488.4^2} = 61726.6 \text{ N/EA} < \rho_a , \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 81.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{6.223\text{E}+05 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.735\text{E}+05 \times 9.471\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9654 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(622.338 kN) , S_v : 합성후 전단력(573.526 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1888.14 - 9.0) = 94708454 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 9654.4^2} = 69729.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

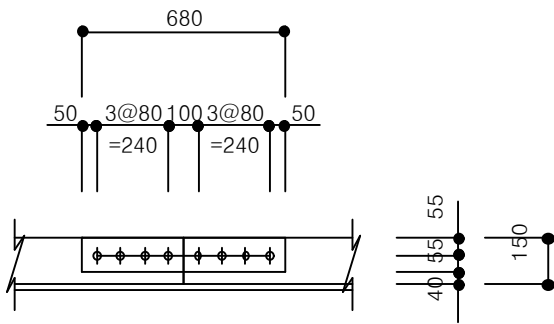
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

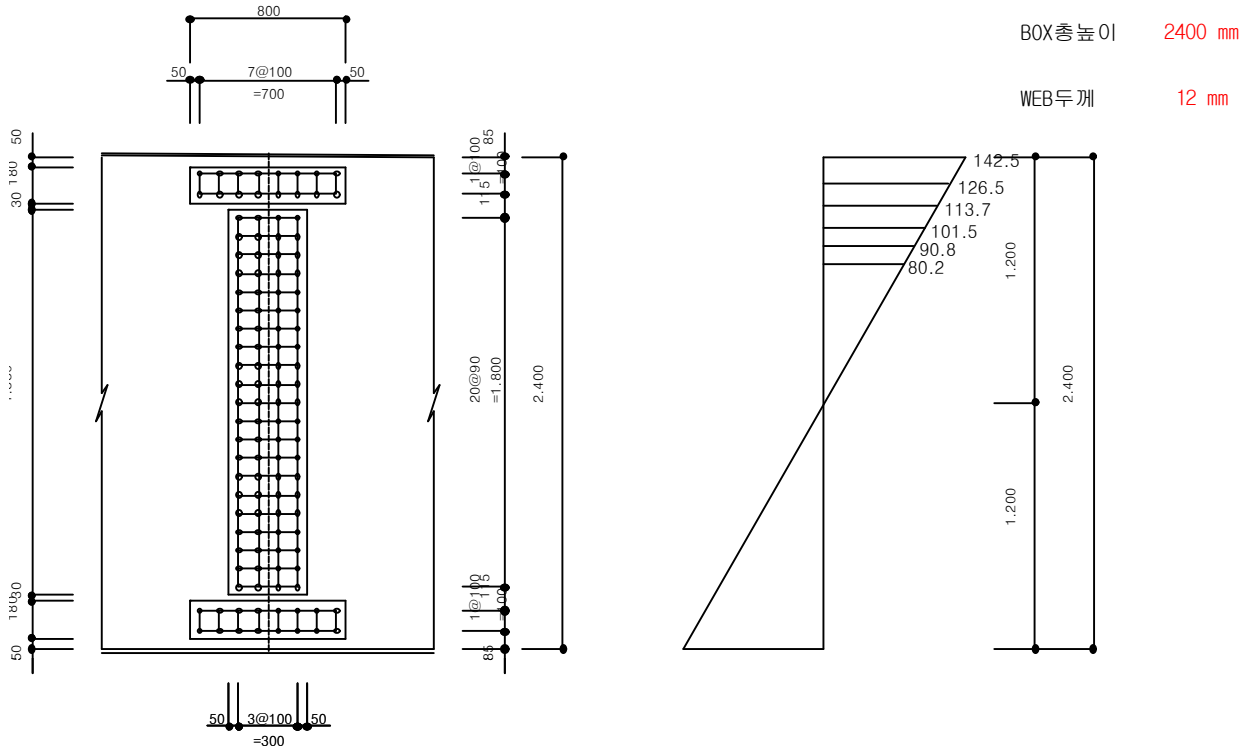
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $S_t = M_t / (2b)$

$\therefore S_t = M_t \cdot (h/t) / (2b \cdot h/t)$, $u_t = M_t / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1195.9 \times 1000}{2} + \frac{591.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 12262.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 12262.6^2)} = 67310.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 27461697249 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 6717.1 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 530.1 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7014.8 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 550.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 6717.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7014.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 3.49936E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 541.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1888.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{530.080 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{550.493 \times 1000000}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 35.152 + 7.384 = 42.536 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{530.080 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{550.493 \times 1000000}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 31.612 + 25.729 = 57.341 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

3) SPLICE - 3 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8315.770 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7132.320 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1579.130$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1094.950$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 905.379 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -74.7 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 106.5$ MPa

강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

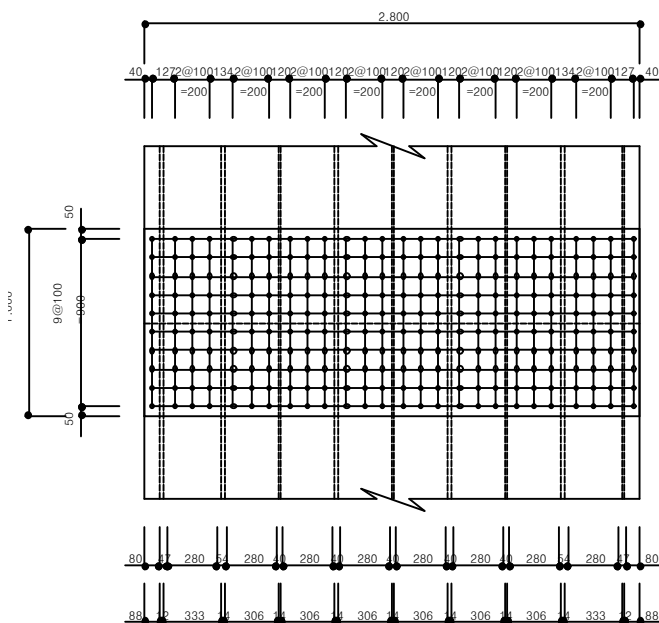
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 106.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As_{fs}}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.579\text{E}+06 \times 7.821\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.095\text{E}+06 \times 9.315\text{E}+07}{2.88113\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19371 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1579.13 kN) , S_v : 합성후 전단력(1094.95 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1175.82 - 12.0) = 78208704 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1398.22 - 12.0) = 93153984 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.88113\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

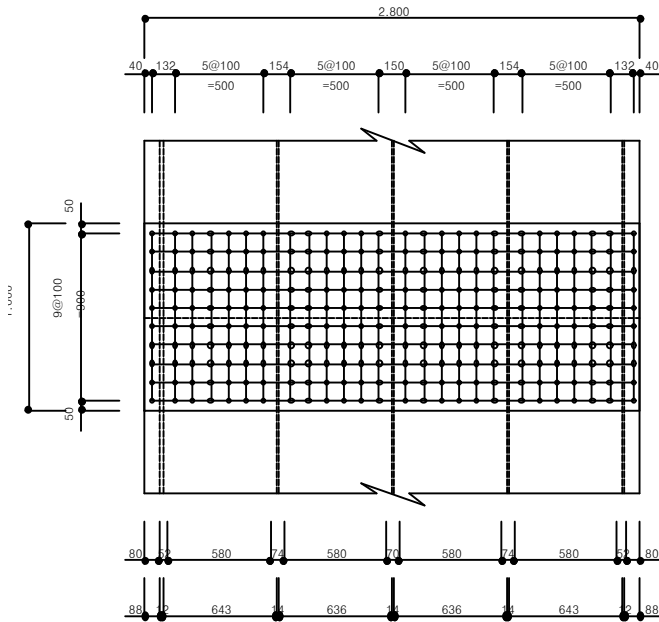
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 19370.8^2} = 76165.9 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 74.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.579\text{E}+06 \times 8.468\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.095\text{E}+06 \times 6.974\text{E}+07}{2.88113\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18427 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1579.130 kN) , S_v : 합성후 전단력(1094.950 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1272.18 - 12.0) = 84684096 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1049.78 - 12.0) = 69738816 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.88113\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18426.6^2} = 75931.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

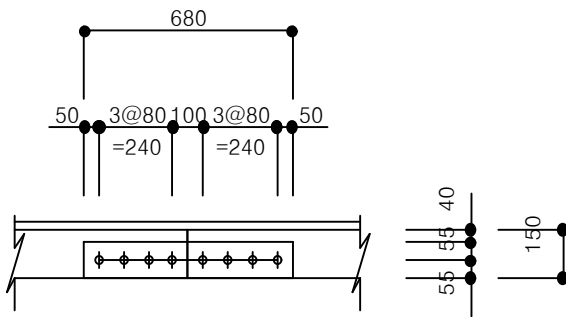
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

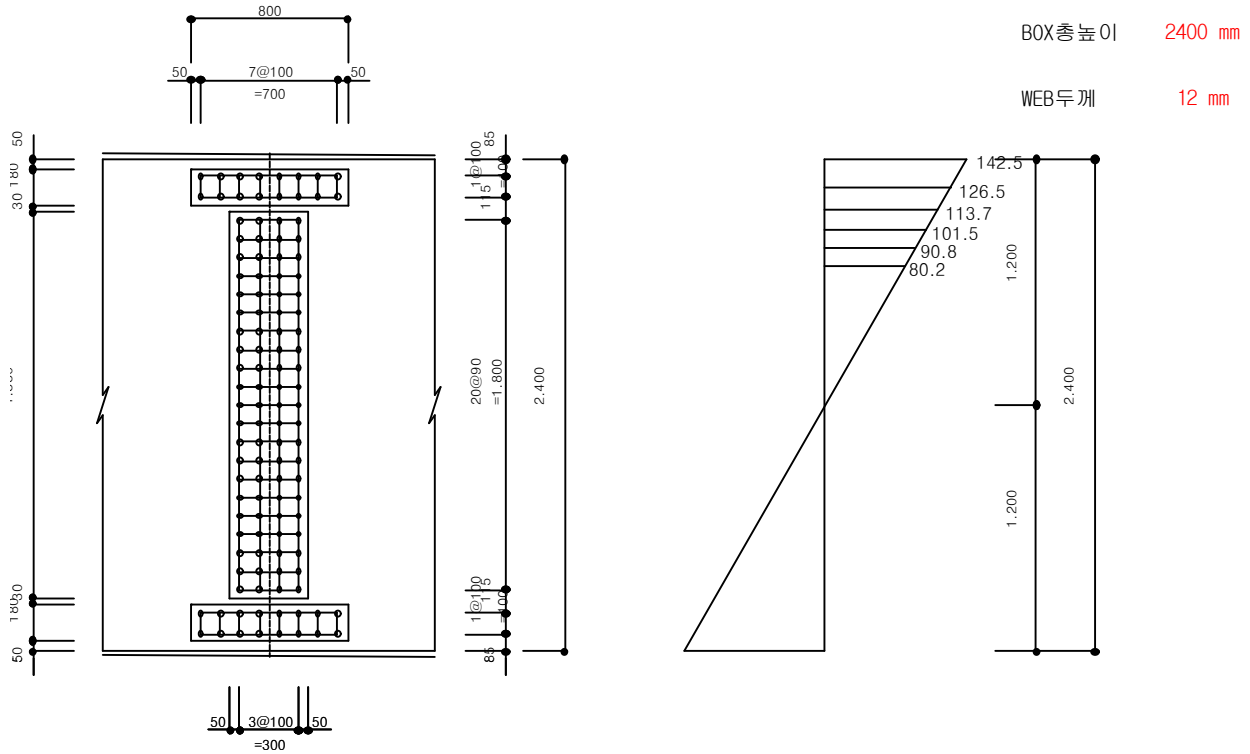
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2674.1 \times 1000}{2} + \frac{905.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 26040.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 26040.5^2)} = 71123.1 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 13840838565 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1398.22 - 1200.00)^2 = 14955585650 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8315.8 \times \frac{1.38408E+10}{2.26470E+11} = 508.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7132.3 \times \frac{1.49556E+10}{2.88113E+11} = 370.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 8315.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7132.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.26470E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.88113E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 1.92100E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1398.22 - 1200.00)^2 = 2.09441E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1272.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1175.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1049.8 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1398.2 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{508.223 \times 1000000}{19210006657} \times 1272.180 + \frac{370.230 \times 1000000}{20944057678} \times 1049.780 \\
 &= 33.657 + 18.557 = 52.214 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{508.223 \times 1000000}{19210006657} \times 1175.820 + \frac{370.230 \times 1000000}{20944057678} \times 1398.220 \\
 &= 31.108 + 24.716 = 55.824 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.486E+06 \times 7.821E+07}{2.26470E+11} + \frac{1.137E+06 \times 9.315E+07}{2.88113E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18972 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1486.46 kN) , S_v : 합성후 전단력(1136.63 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1175.82 - 12.0) = 78208704 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1398.22 - 12.0) = 93153984 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470E+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.88113E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

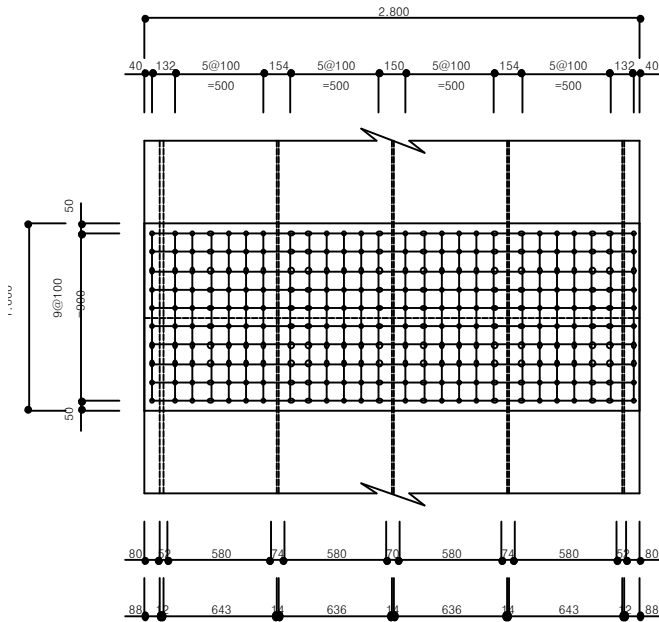
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18971.8^2} = 76065.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 80.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.486\text{E}+06 \times 8.468\text{E}+07}{2.26470\text{E}+11} + \frac{1.137\text{E}+06 \times 6.974\text{E}+07}{2.88113\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17898 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1486.460 kN) , S_v : 합성후 전단력(1136.630 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1272.18 - 12.0) = 84684096 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1049.78 - 12.0) = 69738816 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.26470\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.88113\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 17897.6^2} = 75804.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

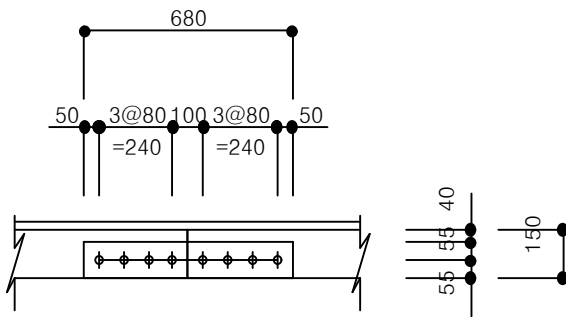
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

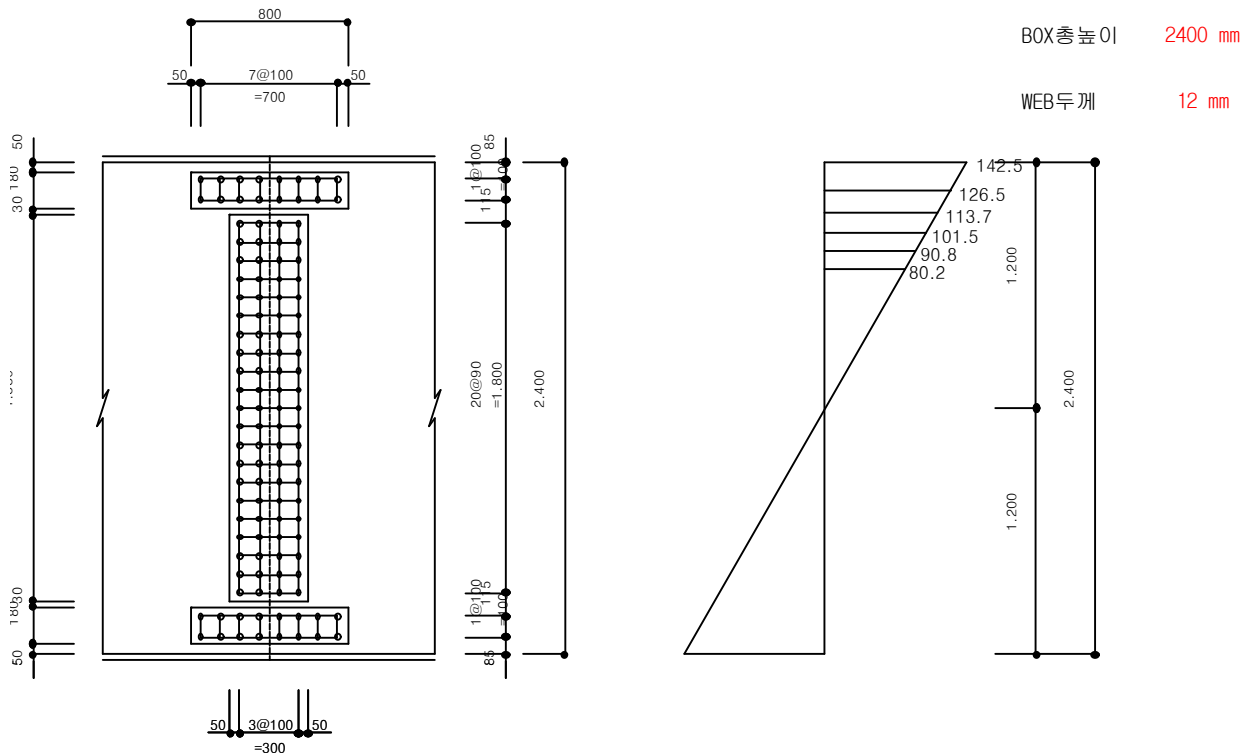
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2623.1 \times 1000}{2} + \frac{843.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 25396.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 25396.8^2)} = 70890.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 13840838565 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1398.22 - 1200.00)^2 = 14955585650 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 9352.3 \times \frac{1.38408E+10}{2.26470E+11} = 571.6 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7232.1 \times \frac{1.49556E+10}{2.88113E+11} = 375.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 9352.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7232.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.26470E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.88113E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1175.82)^2 = 1.92100E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1398.22 - 1200.00)^2 = 2.09441E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1272.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1175.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1049.8 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1398.2 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{571.568 \times 1000000}{19210006657} \times 1272.180 + \frac{375.408 \times 1000000}{20944057678} \times 1049.780 \\
 &= 37.852 + 18.817 = 56.669 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{571.568 \times 1000000}{19210006657} \times 1175.820 + \frac{375.408 \times 1000000}{20944057678} \times 1398.220 \\
 &= 34.985 + 25.062 = 60.047 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

5) SPLICE - 5 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4195.380 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5468.410 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 477.039 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 606.464 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 572.543 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 64.4 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -66.4 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

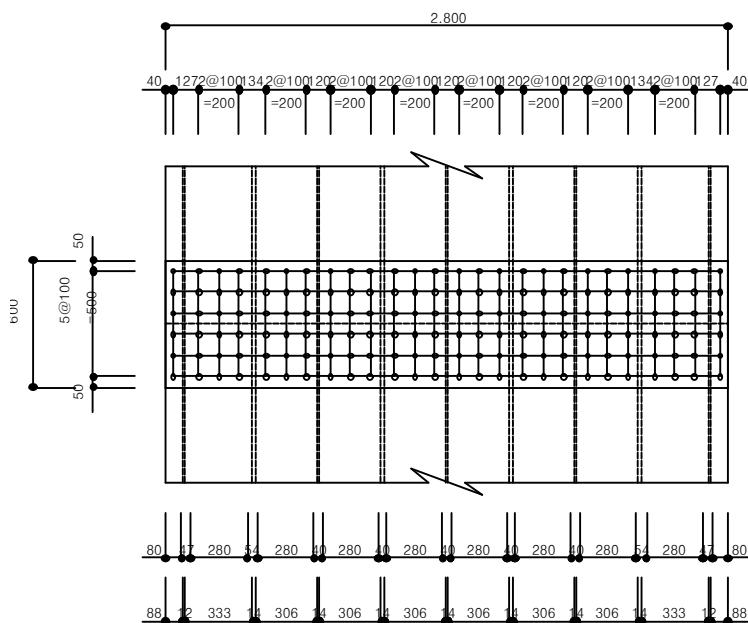
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 64.4 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 59 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 29400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 29400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 107.423 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 71615.4 \text{ N/EA} < p_a, \text{ O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} p_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{4.770\text{E}+05 \times 4.495\text{E}+07}{1.67915\text{E}+11} + \frac{6.065\text{E}+05 \times 1.815\text{E}+07}{3.09957\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5859 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(477.04 kN) , S_v : 합성후 전단력(606.46 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 14 \times (1153.81 - 7.0) = 44954952 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 14 \times (470.00 - 7.0) = 18149522 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.67915\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.09957\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

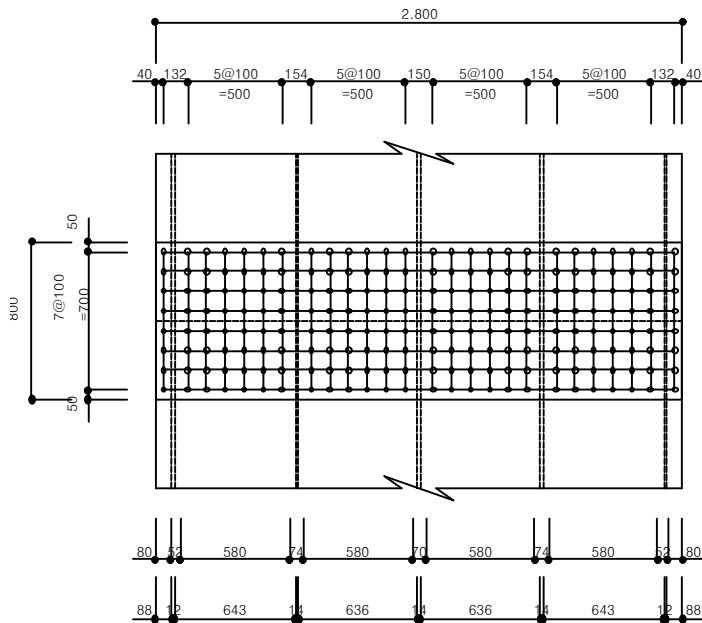
$$p = \sqrt{(p_p^2 + p_h^2)} = \sqrt{71615.4^2 + 5859.4^2} = 71854.7 \text{ N/EA} < p_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 66.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 14 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 59 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 29400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 29400.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 117.0 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 53711.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.770E+05 \times 4.967E+07}{1.67915E+11} + \frac{6.065E+05 \times 7.648E+07}{3.09957E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7828 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(477.039 kN) , S_v : 합성후 전단력(606.464 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 14 \times (1274.19 - 7.0) = 49673848 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 14 \times (1958.00 - 7.0) = 76479278 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.67915E+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.09957E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{53711.5^2 + 7828.2^2} = 54279.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

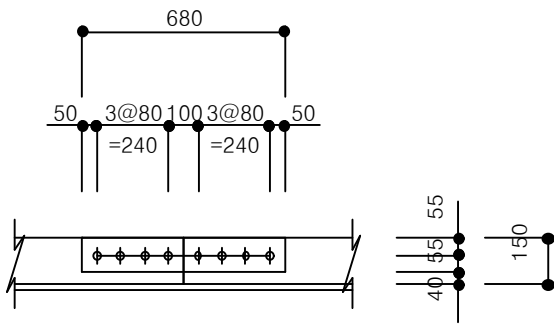
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 14 \times 2800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 14 \times (2800 - 25 \times 26) = 30100.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{39200.0 \times 142.5}{30100.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

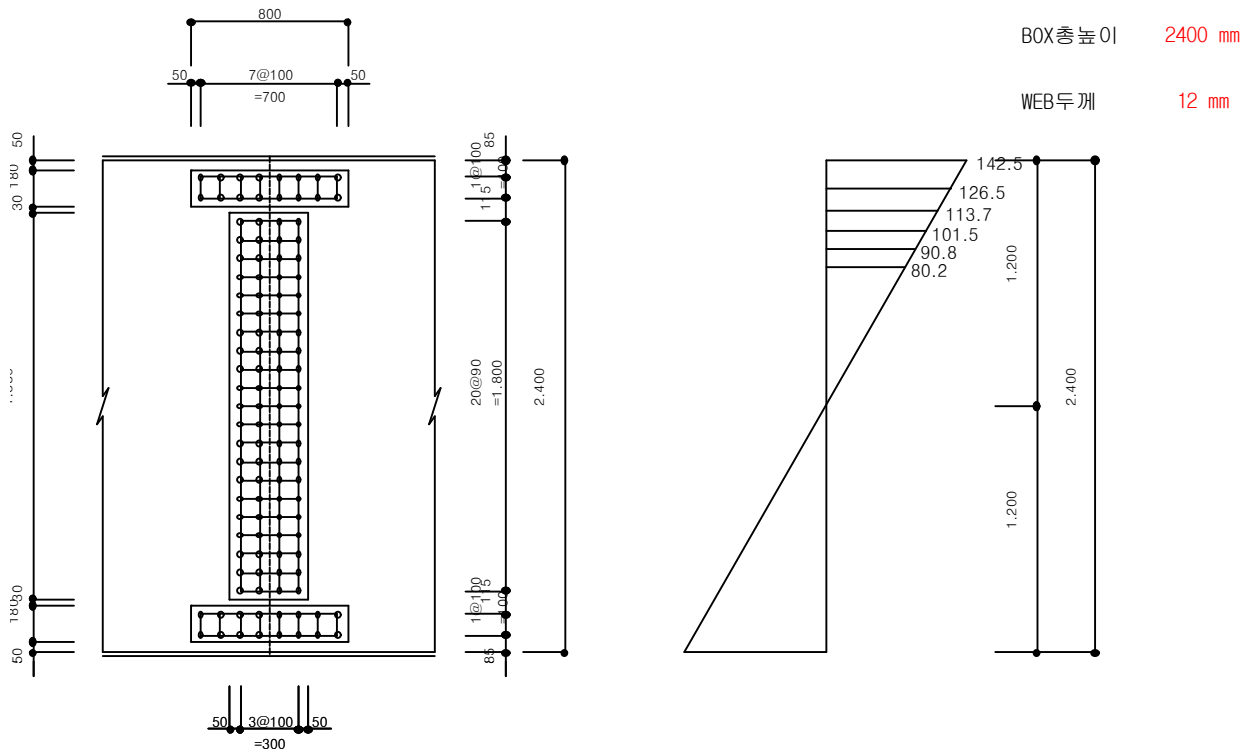
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1083.5 \times 1000}{2} + \frac{572.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 11230.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 11230.2^2)} = 67130.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1274.19)^2 = 13982519696 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1958.00 - 1200.00)^2 = 30371530522 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4195.4 \times \frac{1.39825E+10}{1.67915E+11} = 349.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 5468.4 \times \frac{3.03715E+10}{3.09957E+11} = 535.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 4195.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 5468.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.67915E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 3.09957E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1274.19)^2 = 1.94304E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1958.00 - 1200.00)^2 = 4.49244E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1153.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1274.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 470.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1958.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{349.355 \times 1000000}{19430399527} \times 1153.810 + \frac{535.829 \times 1000000}{44924416367} \times 469.998 \\
 &= 20.745 + 5.606 = 26.351 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{349.355 \times 1000000}{19430399527} \times 1274.190 + \frac{535.829 \times 1000000}{44924416367} \times 1958.002 \\
 &= 22.910 + 23.354 = 46.264 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

6) SPLICE - 6 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 4426.440 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5736.640 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 443.345 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 596.738 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 563.912 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 67.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -69.8 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

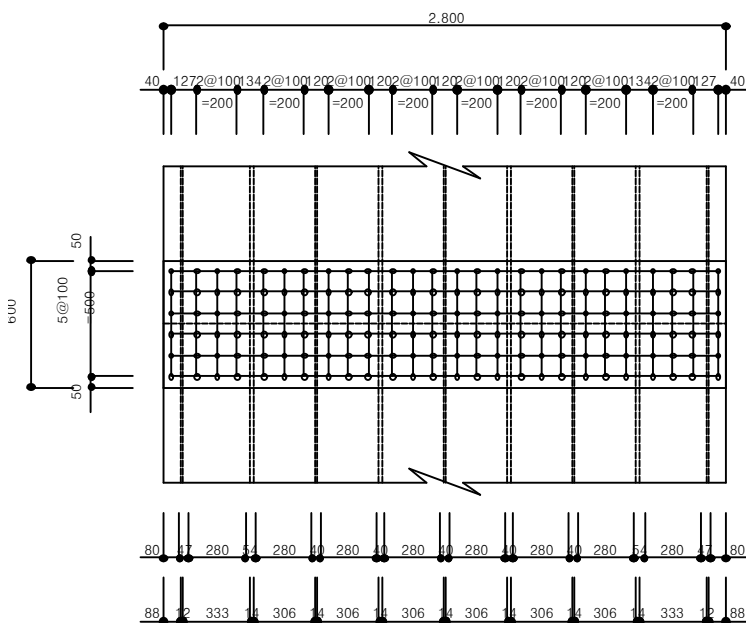
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 67.8 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 59 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 29400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 29400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 107.423 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 71615.4 \text{ N/EA} < p a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.433\text{E}+05 \times 4.495\text{E}+07}{1.67915\text{E}+11} + \frac{5.967\text{E}+05 \times 1.815\text{E}+07}{3.09957\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5515 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(443.35 kN) , S_v : 합성후 전단력(596.74 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 14 \times (1153.81 - 7.0) = 44954952 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 14 \times (470.00 - 7.0) = 18149522 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.67915\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.09957\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

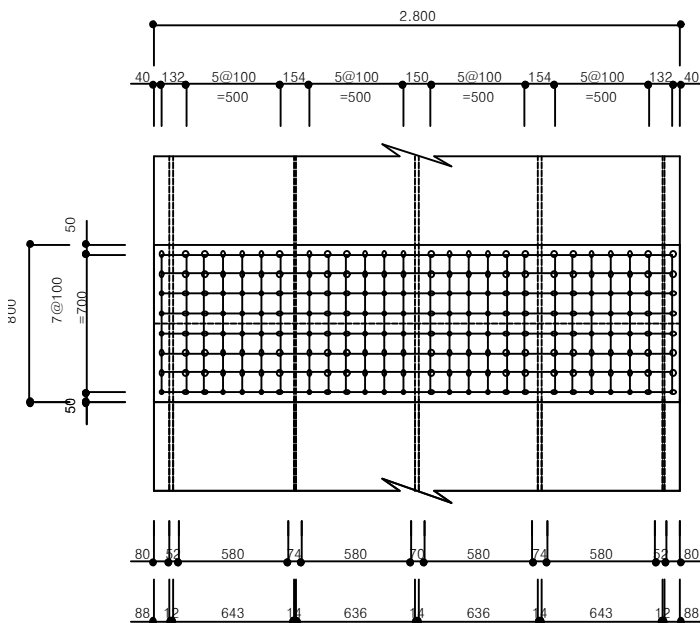
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{71615.4^2 + 5515.2^2} = 71827.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 69.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 14 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 59 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 29400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 29400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 117.0 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 53711.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{4.433E+05 \times 4.967E+07}{1.67915E+11} + \frac{5.967E+05 \times 7.648E+07}{3.09957E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7495 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(443.345 kN) , S_v : 합성후 전단력(596.738 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 14 \times (1274.19 - 7.0) = 49673848 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 14 \times (1958.00 - 7.0) = 76479278 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.67915E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.09957E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(53711.5^2 + 7495.2^2)} = 54232.0 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

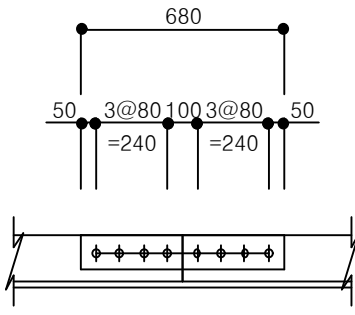
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 14 \times 2800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 14 \times (2800 - 25 \times 26) = 30100.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{39200.0 \times 142.5}{30100.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \quad \text{EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

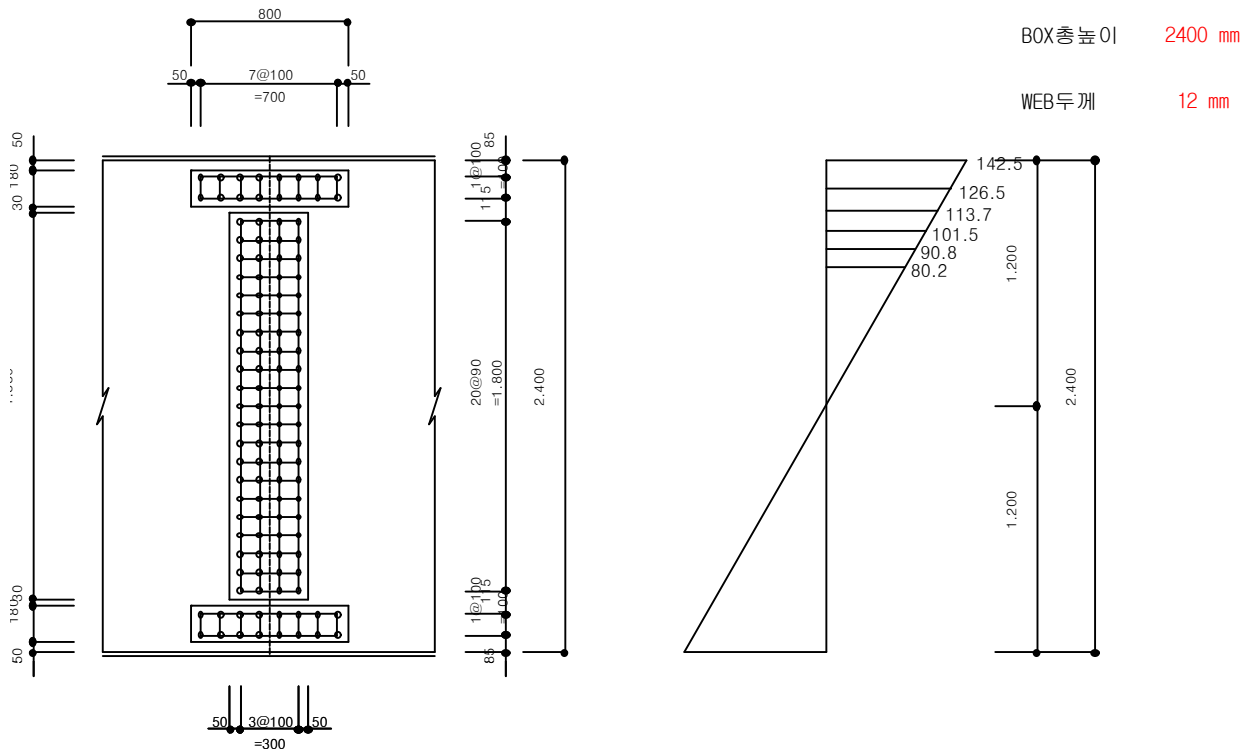
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \quad \text{O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1040.1 \times 1000}{2} + \frac{563.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 10827.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 10827.4^2)} = 67064.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1274.19)^2 = 13982519696 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1958.00 - 1200.00)^2 = 30371530522 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 4426.4 \times \frac{1.39825E+10}{1.67915E+11} = 368.6 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 5736.6 \times \frac{3.03715E+10}{3.09957E+11} = 562.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 4426.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 5736.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.67915E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 3.09957E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1274.19)^2 = 1.94304E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1958.00 - 1200.00)^2 = 4.49244E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1153.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1274.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 470.0 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1958.0 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{368.596 \times 1000000}{19430399527} \times 1153.810 + \frac{562.112 \times 1000000}{44924416367} \times 469.998 \\
 &= 21.888 + 5.881 = 27.769 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{368.596 \times 1000000}{19430399527} \times 1274.190 + \frac{562.112 \times 1000000}{44924416367} \times 1958.002 \\
 &= 24.171 + 24.499 = 48.671 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

7) SPLICE - 7 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8646.210 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7746.990 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1450.610$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1129.150$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 865.675 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -78.4 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 106.9$ MPa

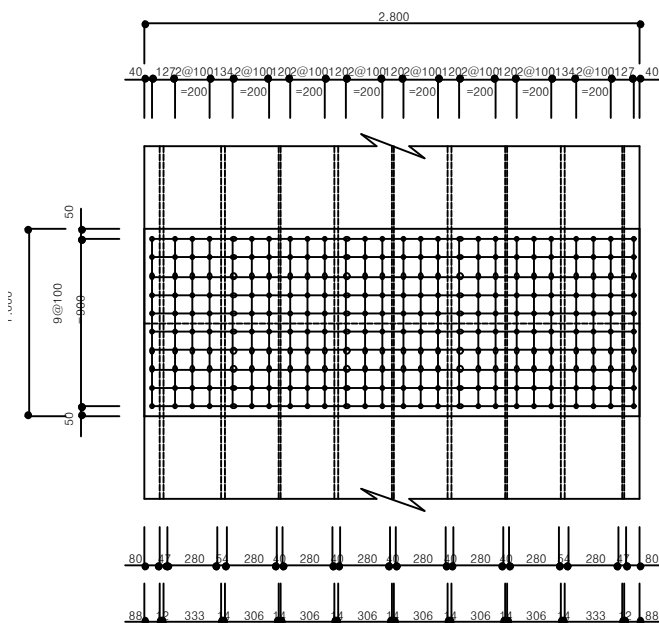
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 106.9 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As \cdot f_s}{\rho \cdot a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{1.451\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.129\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18471 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(1450.61 kN) , S_v : 합성후 전단력(1129.15 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.65 - 12.0) = 93250080 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

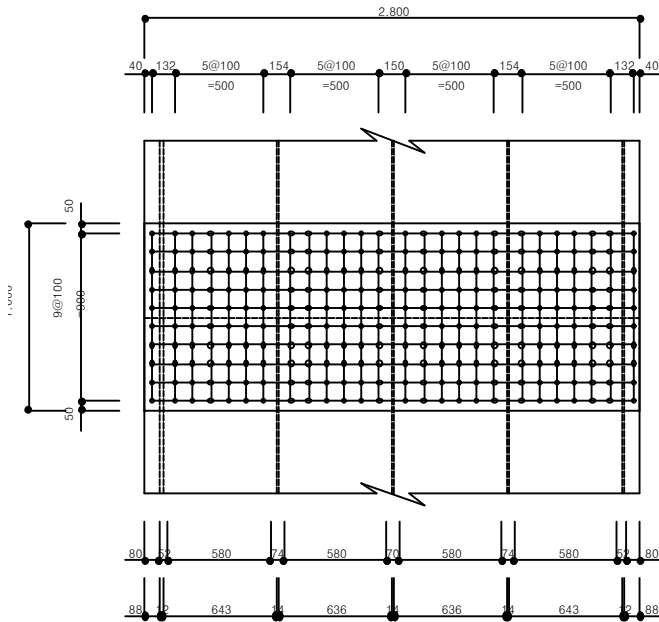
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18470.7^2} = 75942.0 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 78.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.451\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.129\text{E}+06 \times 6.964\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17376 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1450.610 kN) , S_v : 합성후 전단력(1129.150 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.35 - 12.0) = 69642720 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 17376.3^2} = 75683.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

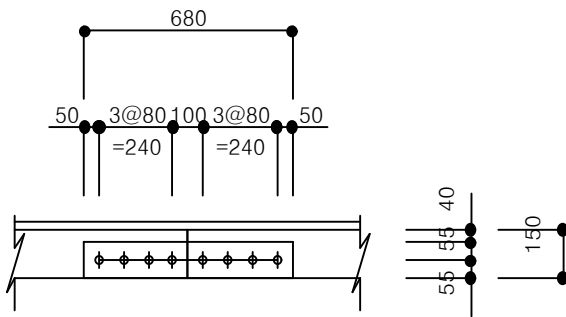
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

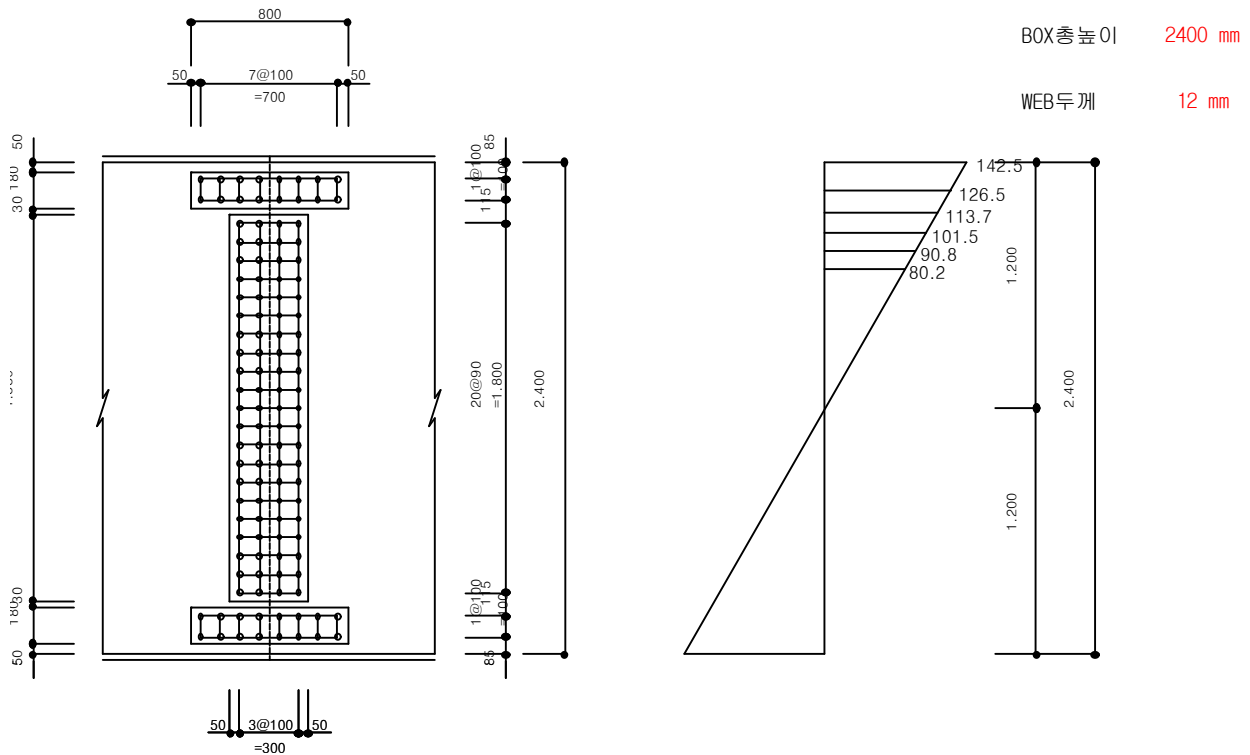
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2579.8 \times 1000}{2} + \frac{865.7 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 25096.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 25096.4^2)} = 70782.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 14971971528 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8646.2 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 523.0 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7747.0 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 398.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 8646.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7747.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.91220E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{523.010 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{398.282 \times 1000000}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 34.627 + 19.912 = 54.539 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{523.010 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{398.282 \times 1000000}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 32.025 + 26.584 = 58.609 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

8) SPLICE - 8 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8474.270 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7608.070 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1483.430 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1153.900 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 897.077 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -76.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 104.4 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

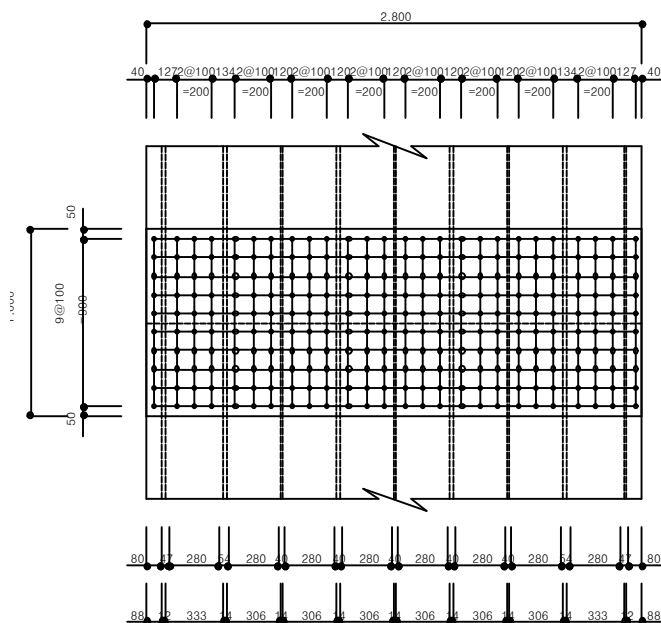
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 104.4 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.483\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.154\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18883 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1483.43 kN) , S_v : 합성후 전단력(1153.90 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.65 - 12.0) = 93250080 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

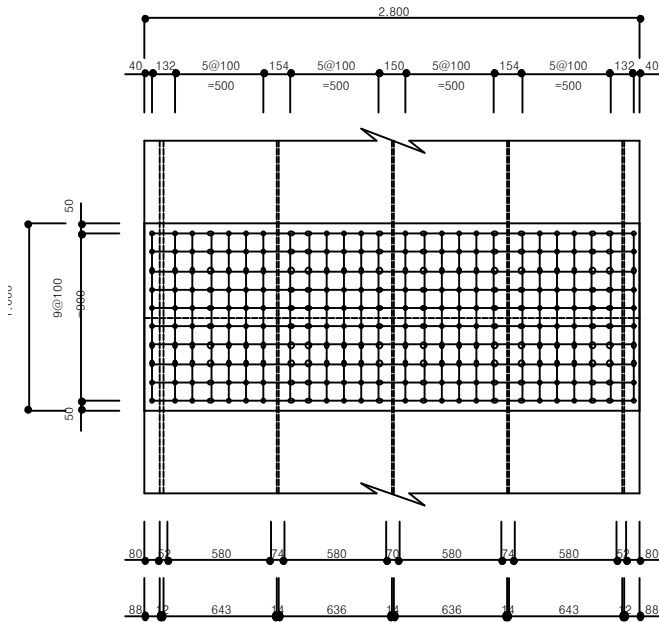
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18883.1^2} = 76043.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 76.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.483\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.154\text{E}+06 \times 6.964\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17765 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1483.430 kN) , S_v : 합성후 전단력(1153.900 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.35 - 12.0) = 69642720 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 17765.4^2} = 75773.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

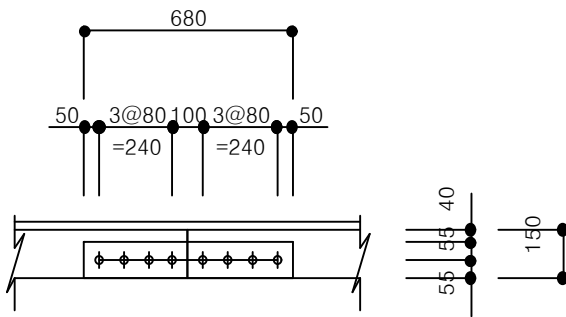
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

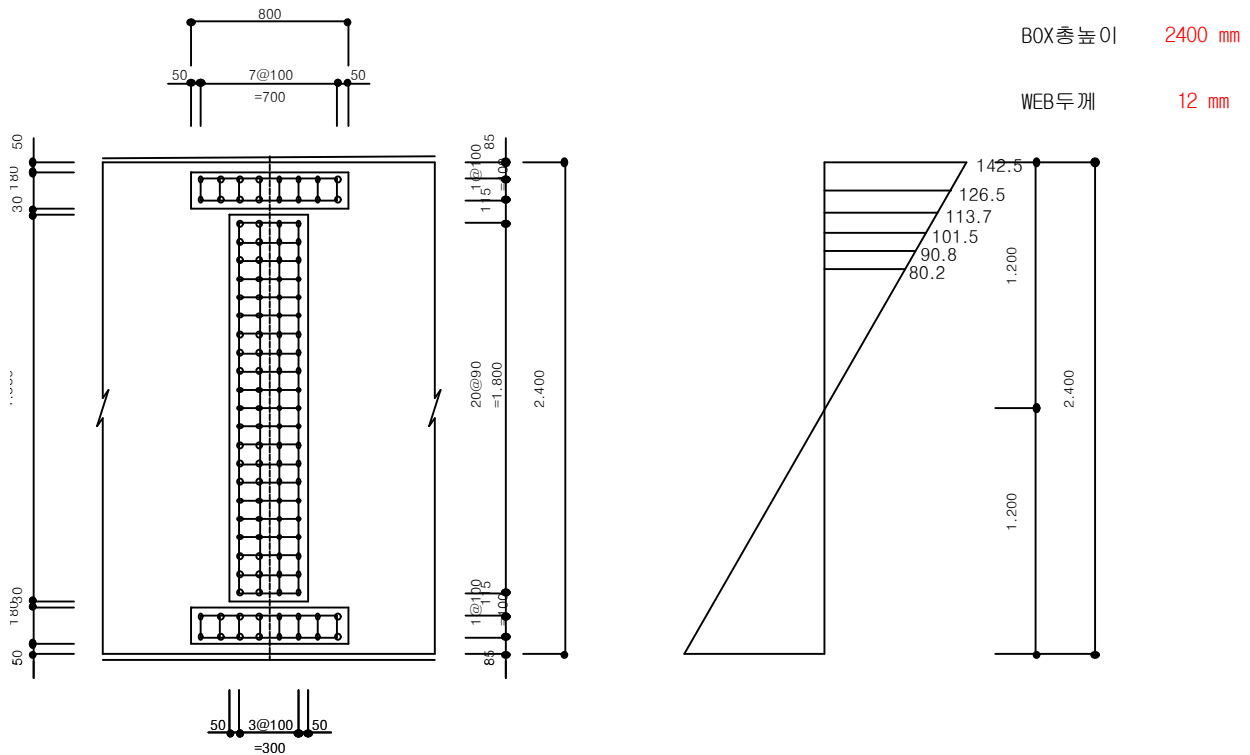
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2637.3 \times 1000}{2} + \frac{897.1 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 25696.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 25696.3^2)} = 70997.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 14971971528 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8474.3 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 512.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7608.1 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 391.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 8474.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7608.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.91220E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{512.609 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{391.140 \times 1000000}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 33.939 + 19.555 = 53.493 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{512.609 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{391.140 \times 1000000}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 31.388 + 26.107 = 57.495 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

9) SPLICE - 9 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5053.210 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5854.490 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 479.837 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 622.721 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 576.318 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 79.5 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -83.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

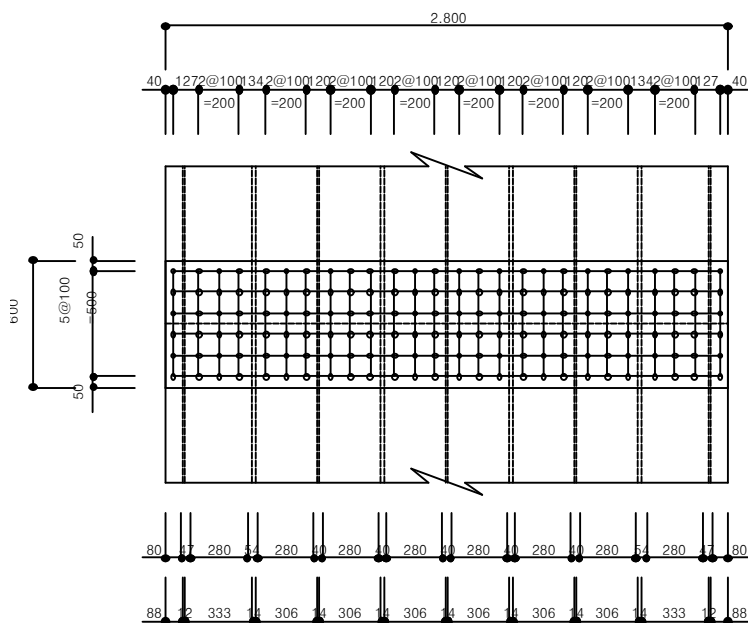
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 79.5 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.798\text{E}+05 \times 3.834\text{E}+07}{1.51392\text{E}+11} + \frac{6.227\text{E}+05 \times 1.464\text{E}+07}{2.87058\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5503 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(479.84 kN) , S_v : 합성후 전단력(622.72 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1147.19 - 6.0) = 38343984 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (441.62 - 6.0) = 14636933 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.87058\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

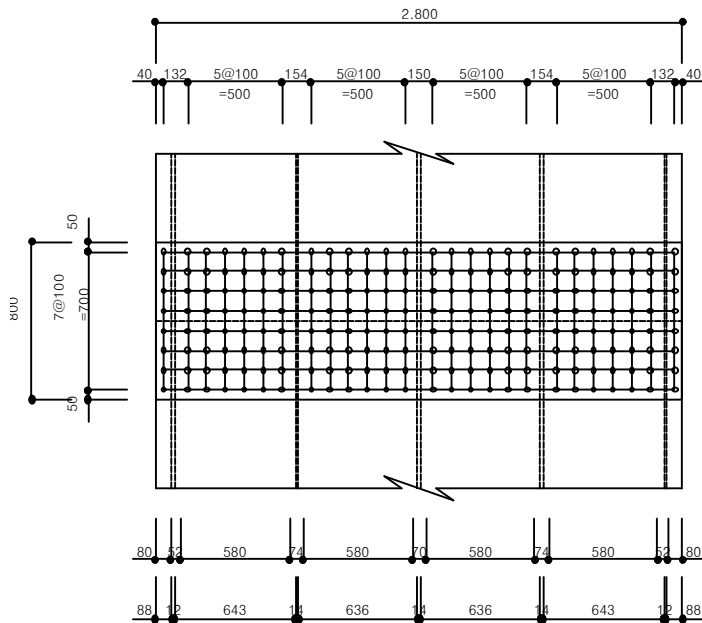
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 5502.5^2} = 61630.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 83.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 100.3 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 46038.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{4.798E+05 \times 4.270E+07}{1.51392E+11} + \frac{6.227E+05 \times 6.641E+07}{2.87058E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 7522 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(479.837 kN) , S_v : 합성후 전단력(622.721 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1276.81 - 6.0) = 42699216 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (1982.38 - 6.0) = 66406267 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{46038.5^2 + 7522.1^2} = 46649.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

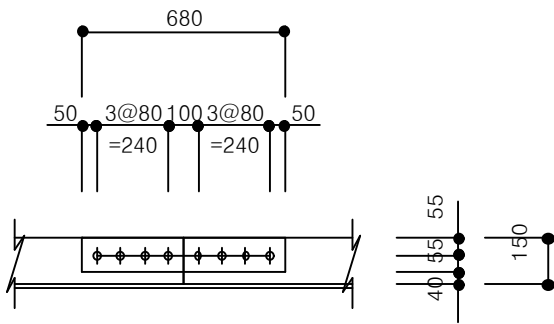
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 12 \times 2800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 12 \times (2800 - 25 \times 26) = 25800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{33600.0 \times 142.5}{25800.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

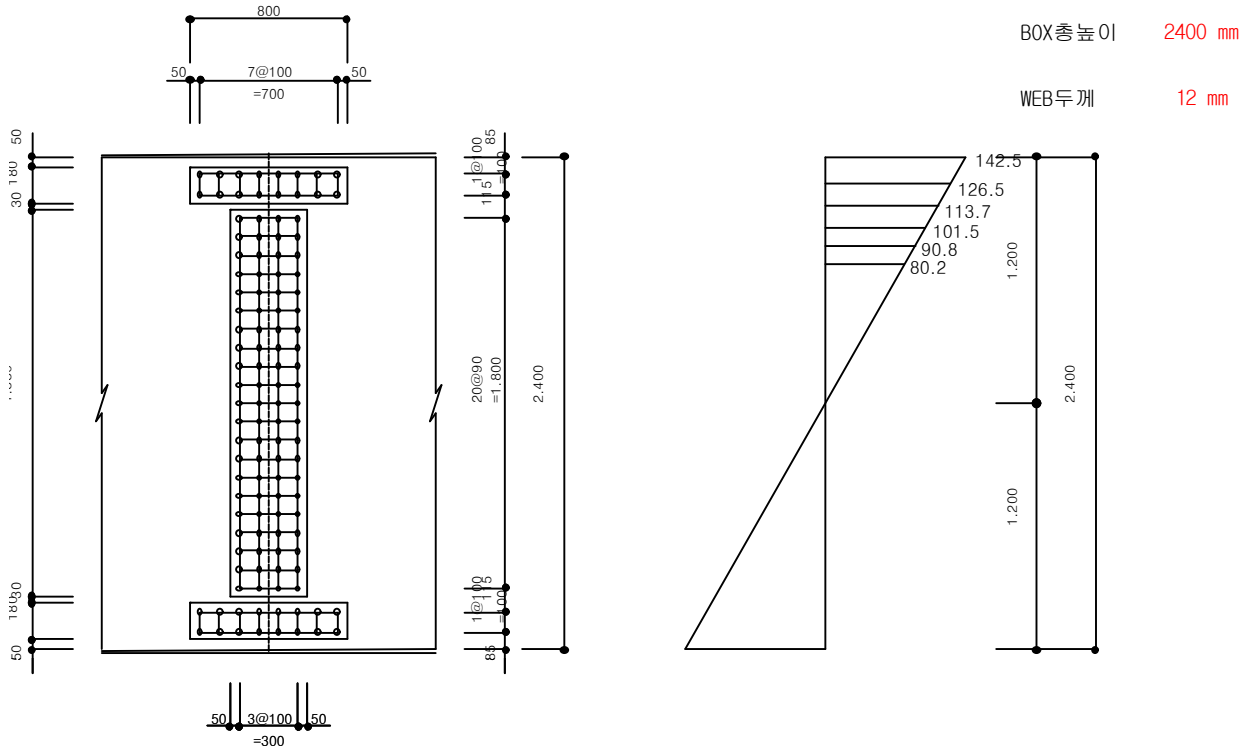
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1102.6 \times 1000}{2} + \frac{576.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 11406.9 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 11406.9^2)} = 67160.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 13993913552 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 31452876580 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5053.2 \times \frac{1.39939E+10}{1.51392E+11} = 467.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 5854.5 \times \frac{3.14529E+10}{2.87058E+11} = 641.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 5053.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 5854.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 1.94481E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 4.66065E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1147.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1276.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 441.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1982.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{467.094 \times 1000000}{19448123303} \times 1147.190 + \frac{641.475 \times 1000000}{46606510235} \times 441.623 \\
 &= 27.553 + 6.078 = 33.631 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{467.094 \times 1000000}{19448123303} \times 1276.810 + \frac{641.475 \times 1000000}{46606510235} \times 1982.377 \\
 &= 30.666 + 27.285 = 57.950 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

10) SPLICE - 10 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5439.810 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6021.840 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 423.478 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 606.025 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 568.822 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 82.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -87.5 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

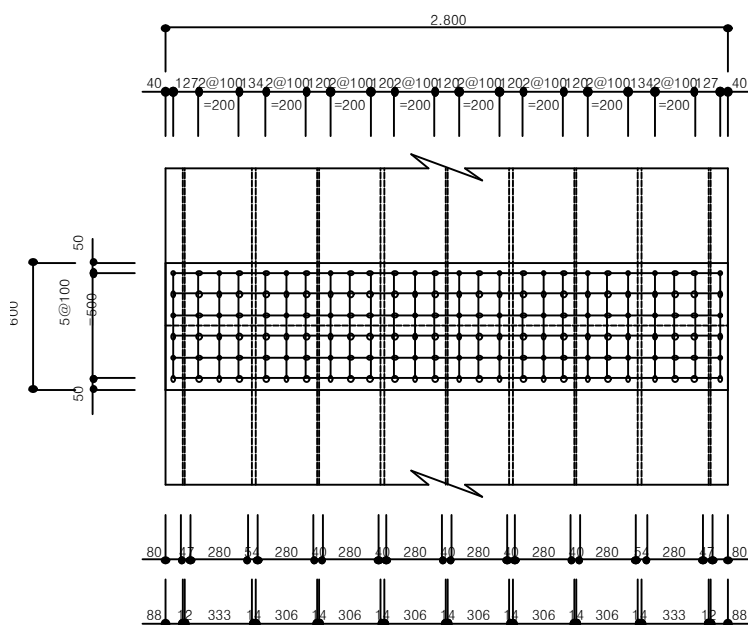
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 82.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.235\text{E}+05 \times 3.834\text{E}+07}{1.51392\text{E}+11} + \frac{6.060\text{E}+05 \times 1.464\text{E}+07}{2.87058\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4960 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(423.48 kN) , S_v : 합성후 전단력(606.03 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1147.19 - 6.0) = 38343984 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (441.62 - 6.0) = 14636933 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.87058\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

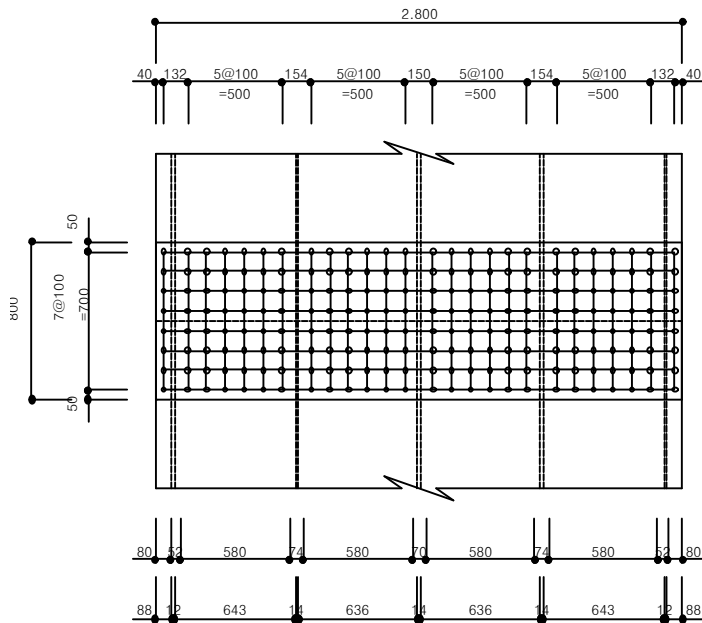
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 4959.5^2} = 61584.6 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 87.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 100.3 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 46038.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho_h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{4.235E+05 \times 4.270E+07}{1.51392E+11} + \frac{6.060E+05 \times 6.641E+07}{2.87058E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6990 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(423.478 kN) , S_v : 합성후 전단력(606.025 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1276.81 - 6.0) = 42699216 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (1982.38 - 6.0) = 66406267 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{46038.5^2 + 6990.1^2} = 46566.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

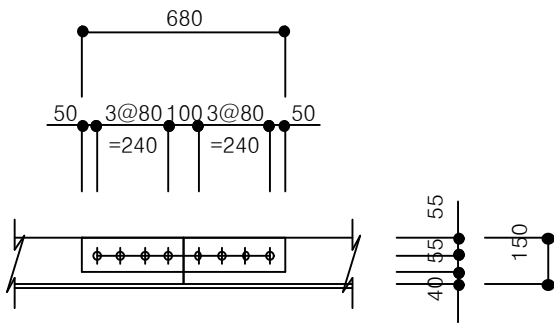
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 12 \times 2800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 12 \times (2800 - 25 \times 26) = 25800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{33600.0 \times 142.5}{25800.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

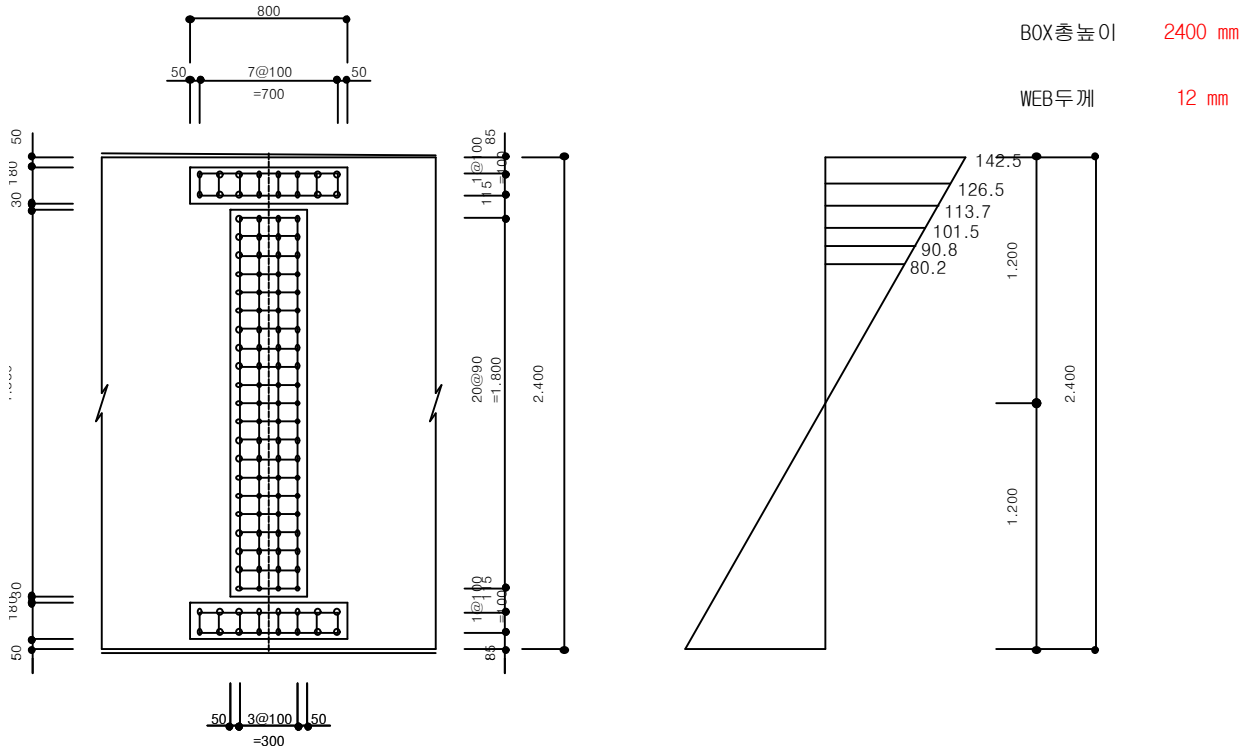
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1029.5 \times 1000}{2} + \frac{568.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 10752.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 10752.4^2)} = 67052.2 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 13993913552 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 31452876580 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5439.8 \times \frac{1.39939E+10}{1.51392E+11} = 502.8 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 6021.8 \times \frac{3.14529E+10}{2.87058E+11} = 659.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 5439.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 6021.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 1.94481E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 4.66065E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1147.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1276.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 441.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1982.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{502.829 \times 1000000}{19448123303} \times 1147.190 + \frac{659.811 \times 1000000}{46606510235} \times 441.623 \\
 &= 29.660 + 6.252 = 35.913 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{502.829 \times 1000000}{19448123303} \times 1276.810 + \frac{659.811 \times 1000000}{46606510235} \times 1982.377 \\
 &= 33.012 + 28.065 = 61.076 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

11) SPLICE - 11 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7311.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7361.930 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1426.850 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1136.860 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 910.813 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -69.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 97.3 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

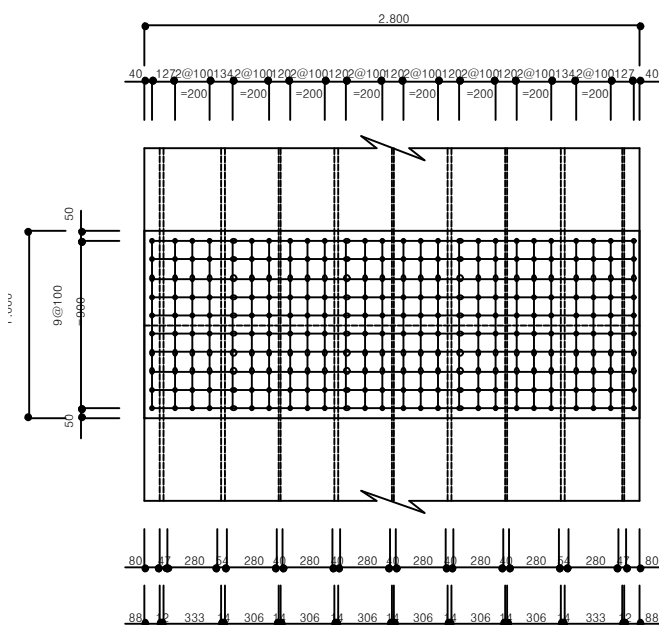
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 97.3 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.427\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.137\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18349 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1426.85 kN) , S_v : 합성후 전단력(1136.86 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.65 - 12.0) = 93250080 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

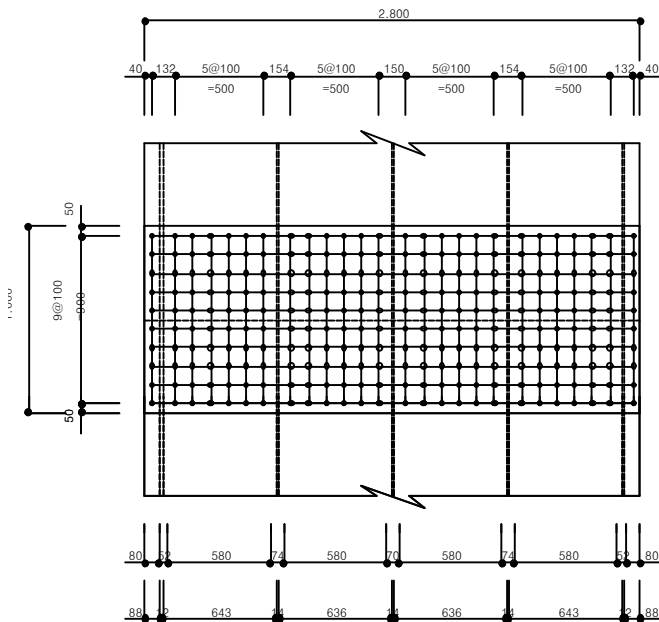
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18348.9^2} = 75912.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 69.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.427E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.137E+06 \times 6.964E+07}{2.91220E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17227 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1426.850 kN) , S_v : 합성후 전단력(1136.860 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.35 - 12.0) = 69642720 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 2.91220E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 17226.7^2)} = 75649.1 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

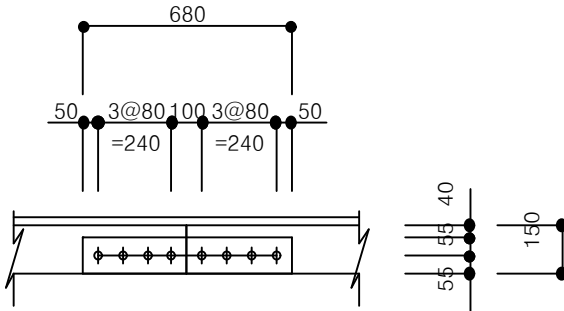
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \quad \text{EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

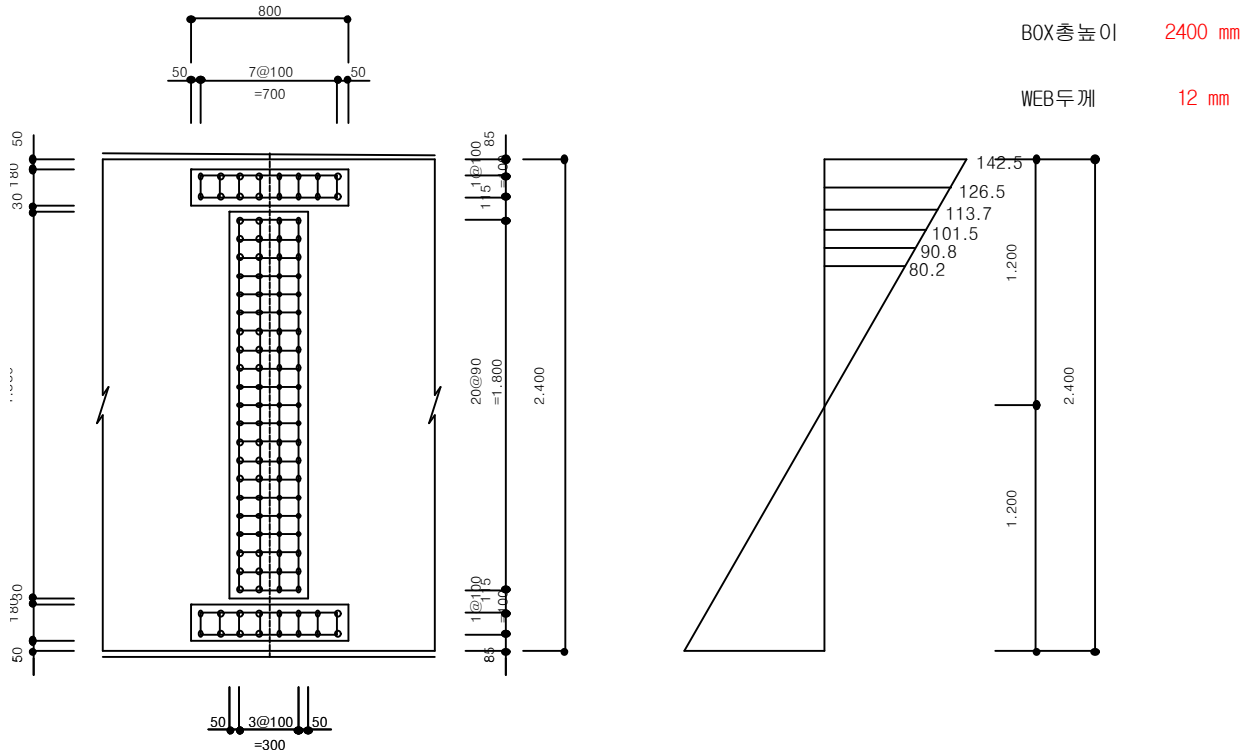
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2563.7 \times 1000}{2} + \frac{910.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 25107.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 25107.0^2)} = 70786.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 14971971528 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7311.8 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 442.3 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7361.9 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 378.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 7311.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7361.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.91220E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{442.291 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{378.486 \times 1000000}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 29.283 + 18.922 = 48.205 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{442.291 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{378.486 \times 1000000}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 27.082 + 25.263 = 52.345 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

12) SPLICE - 12 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7787.210 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7542.960 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1338.050 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1102.690 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 856.538 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -72.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 101.5 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

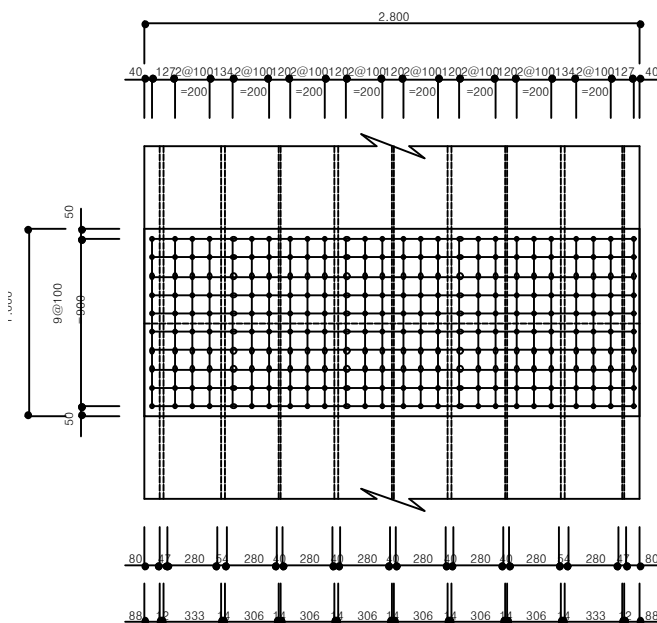
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 101.5 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.338\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.103\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17459 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1338.05 kN) , S_v : 합성후 전단력(1102.69 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.21 - 12.0) = 78234912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.65 - 12.0) = 93250080 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

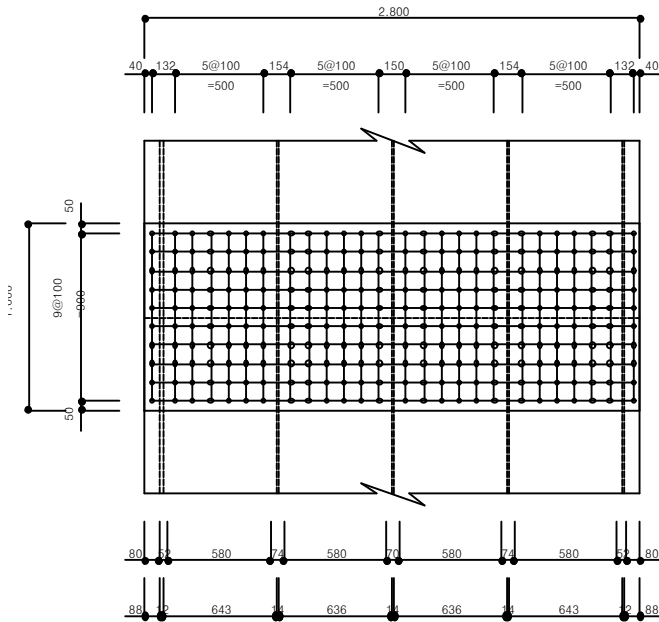
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 17459.3^2} = 75702.4 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 72.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.338\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.103\text{E}+06 \times 6.964\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 16343 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1338.050 kN) , S_v : 합성후 전단력(1102.690 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.79 - 12.0) = 84657888 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.35 - 12.0) = 69642720 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 16343.0^2} = 75452.8 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

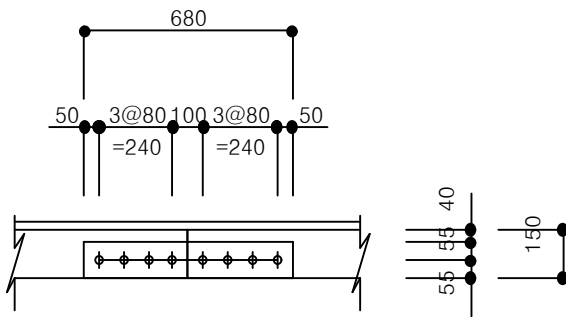
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

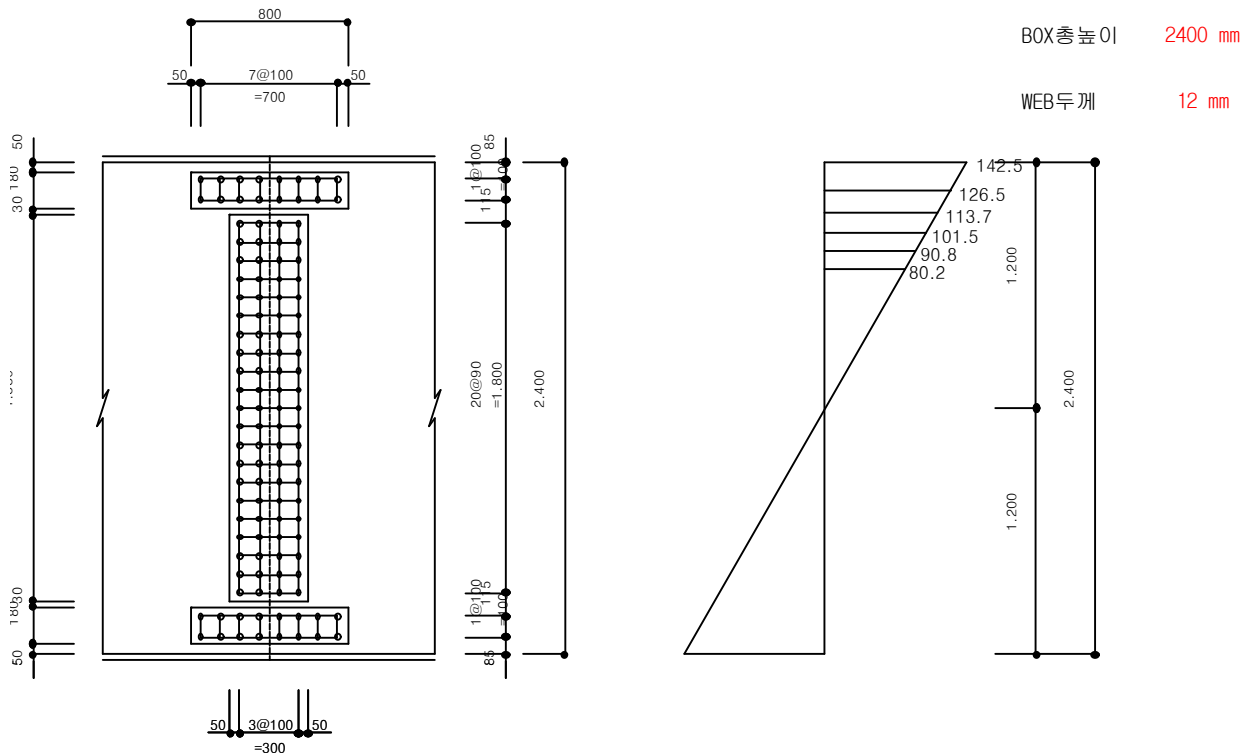
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2440.7 \times 1000}{2} + \frac{856.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 23867.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 23867.8^2)} = 70356.7 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 13840299766 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 14971971528 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7787.2 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 471.0 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7543.0 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 387.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 7787.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7543.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.91220E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.7 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{471.049 \times 1000000}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{387.793 \times 1000000}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 31.187 + 19.387 = 50.574 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{471.049 \times 1000000}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{387.793 \times 1000000}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 28.843 + 25.884 = 54.727 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

13) SPLICE - 13 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 3745.560 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5576.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 334.302 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 572.236 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 544.529 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 66.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -70.1 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

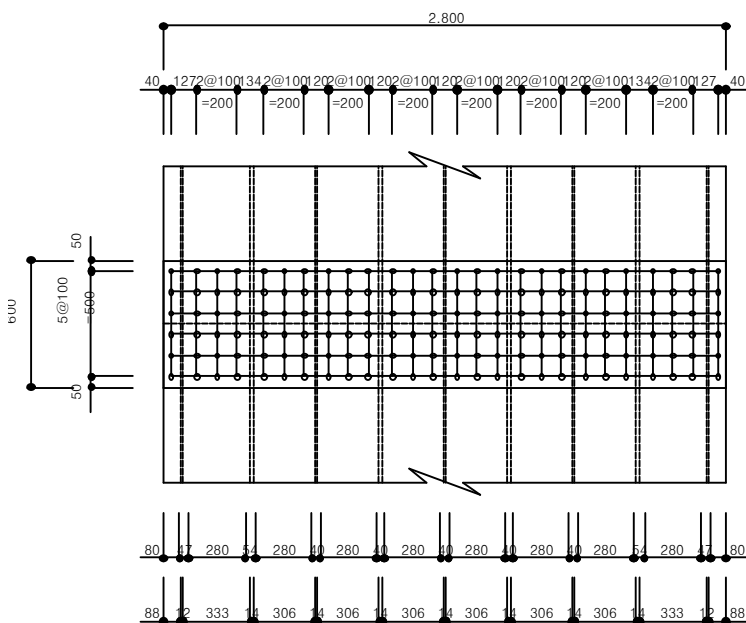
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 66.8 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.343\text{E}+05 \times 3.834\text{E}+07}{1.51392\text{E}+11} + \frac{5.722\text{E}+05 \times 1.464\text{E}+07}{2.87058\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4087 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(334.30 kN) , S_v : 합성후 전단력(572.24 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1147.19 - 6.0) = 38343984 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (441.62 - 6.0) = 14636933 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.87058\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

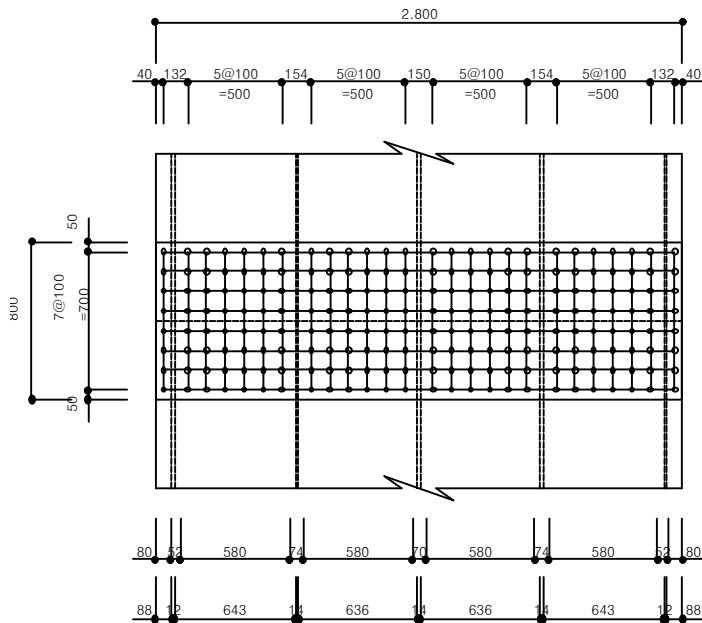
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 4086.9^2} = 61520.5 \text{ N/EA} < \rho_a , \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 70.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 100.3 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 46038.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{3.343E+05 \times 4.270E+07}{1.51392E+11} + \frac{5.722E+05 \times 6.641E+07}{2.87058E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6103 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(334.302 kN) , S_v : 합성후 전단력(572.236 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1276.81 - 6.0) = 42699216 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (1982.38 - 6.0) = 66406267 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{46038.5^2 + 6102.5^2} = 46441.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

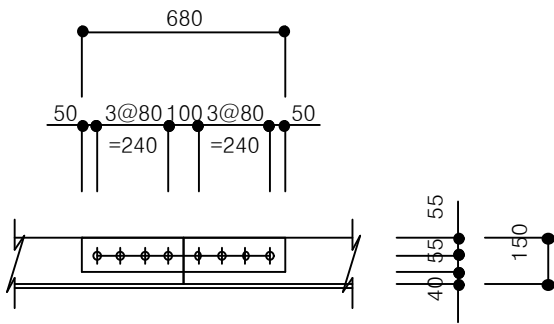
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 12 \times 2800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 12 \times (2800 - 25 \times 26) = 25800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{33600.0 \times 142.5}{25800.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

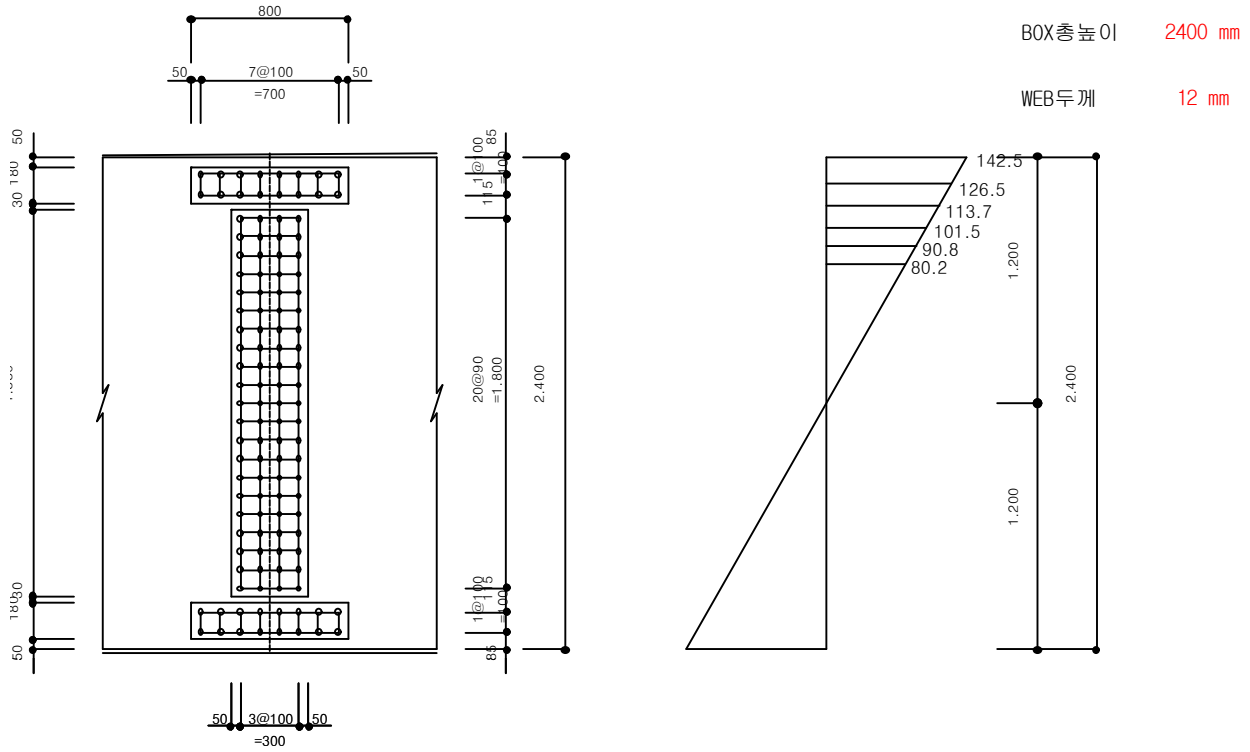
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{906.5 \times 1000}{2} + \frac{544.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 9612.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 9612.2^2)} = 66878.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 13993913552 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 31452876580 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 3745.6 \times \frac{1.39939E+10}{1.51392E+11} = 346.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 5576.3 \times \frac{3.14529E+10}{2.87058E+11} = 611.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 3745.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 5576.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 1.94481E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 4.66065E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1147.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1276.8 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 441.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1982.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{346.221 \times 1000000}{19448123303} \times 1147.190 + \frac{610.994 \times 1000000}{46606510235} \times 441.623 \\
 &= 20.423 + 5.790 = 26.212 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{346.221 \times 1000000}{19448123303} \times 1276.810 + \frac{610.994 \times 1000000}{46606510235} \times 1982.377 \\
 &= 22.730 + 25.988 = 48.718 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

14) SPLICE - 14 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 2135.570 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 4949.220 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 569.092 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 639.769 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 564.015 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 51.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -52.2 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

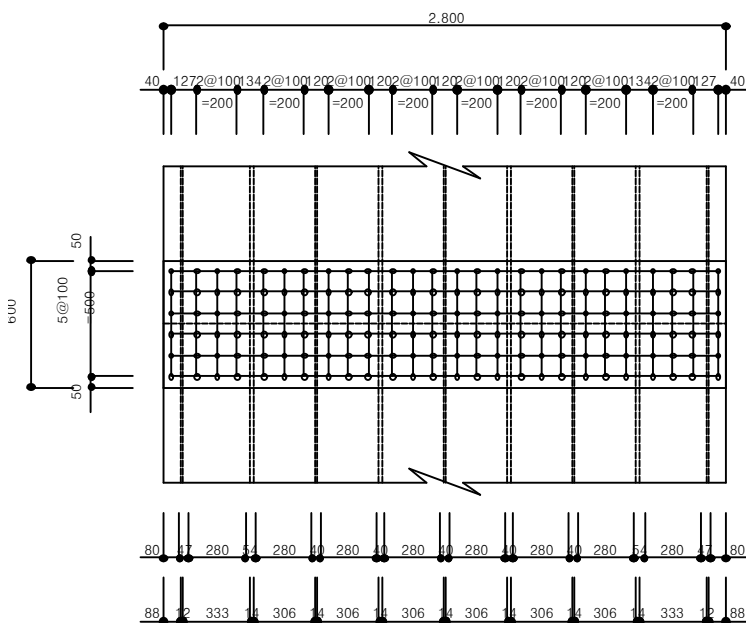
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 51.8 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.691\text{E}+05 \times 3.834\text{E}+07}{1.51392\text{E}+11} + \frac{6.398\text{E}+05 \times 1.464\text{E}+07}{2.87058\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6345 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(569.09 kN) , S_v : 합성후 전단력(639.77 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1147.19 - 6.0) = 38343984 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (441.62 - 6.0) = 14636933 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.87058\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

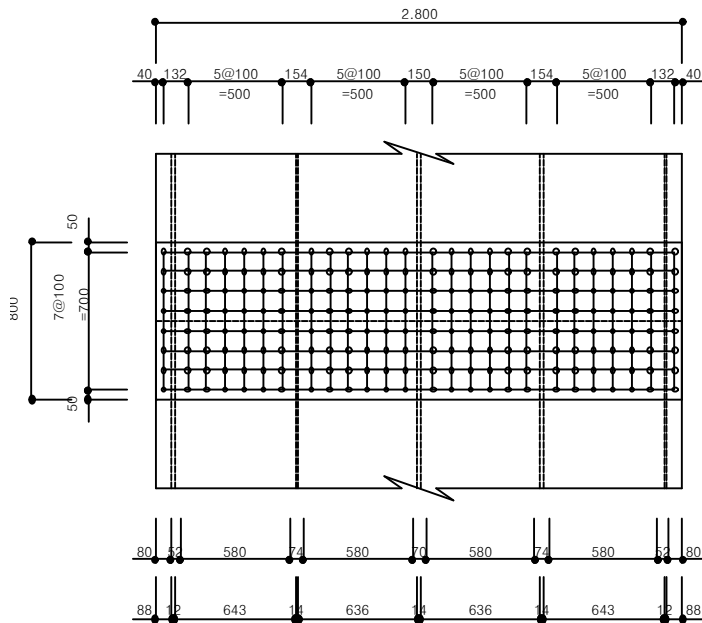
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6345.2^2} = 61711.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 52.2 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 100.3 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 46038.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\begin{aligned} \rho h &= \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ &= \left[\frac{5.691\text{E}+05 \times 4.270\text{E}+07}{1.51392\text{E}+11} + \frac{6.398\text{E}+05 \times 6.641\text{E}+07}{2.87058\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8306 \text{ N/EA} \end{aligned}$$

S_s : 합성전 전단력(569.092 kN) , S_v : 합성후 전단력(639.769 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1276.81 - 6.0) = 42699216 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (1982.38 - 6.0) = 66406267 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.87058\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{46038.5^2 + 8306.0^2} = 46781.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

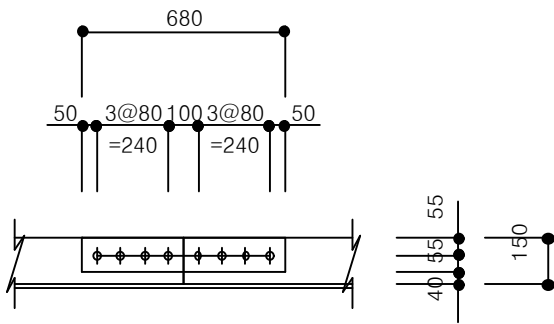
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 12 \times 2800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 12 \times (2800 - 25 \times 26) = 25800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{33600.0 \times 142.5}{25800.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

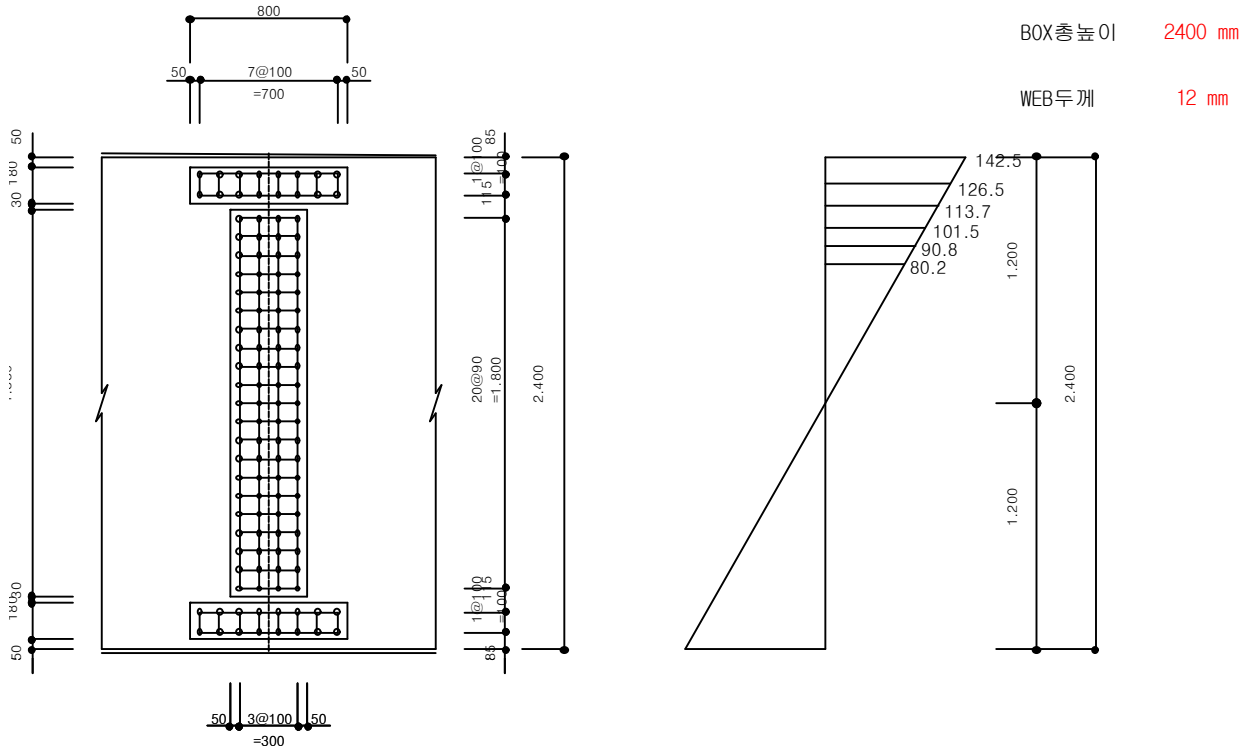
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1208.9 \times 1000}{2} + \frac{564.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 12282.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 12282.7^2)} = 67314.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 13993913552 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 31452876580 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 2135.6 \times \frac{1.39939E+10}{1.51392E+11} = 197.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 4949.2 \times \frac{3.14529E+10}{2.87058E+11} = 542.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s = 2135.6 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v = 4949.2 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, I_s = 1.51392E+11 mm⁴

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, I_v = 2.87058E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 1.94481E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 4.66065E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1147.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1276.8 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 441.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1982.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{197.401 \times 1000000}{19448123303} \times 1147.190 + \frac{542.285 \times 1000000}{46606510235} \times 441.623 \\
 &= 11.644 + 5.138 = 16.783 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{197.401 \times 1000000}{19448123303} \times 1276.810 + \frac{542.285 \times 1000000}{46606510235} \times 1982.377 \\
 &= 12.960 + 23.066 = 36.026 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

15) SPLICE - 15 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -12644.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8552.320 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1576.780$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1174.420$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 790.792 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -103.8 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 137.4$ MPa

강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

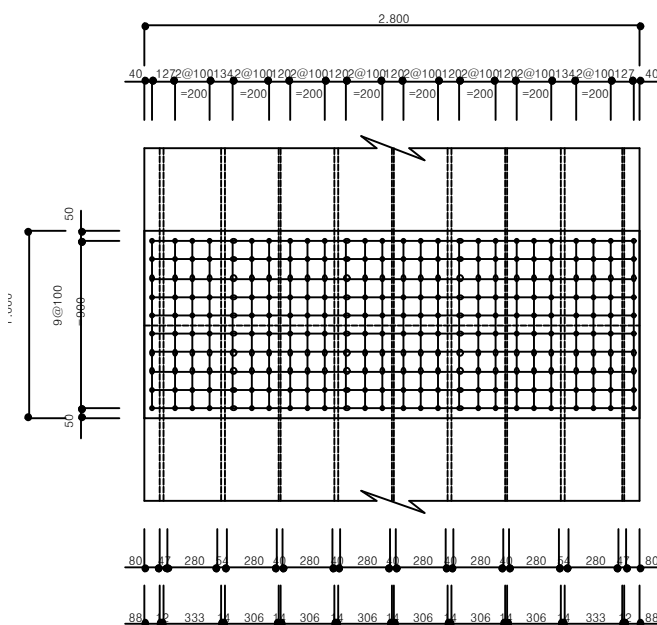
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 137.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As_{fs}}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.577\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28657\text{E}+11} + \frac{1.174\text{E}+06 \times 9.324\text{E}+07}{2.91025\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19724 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1576.78 kN) , S_v : 합성후 전단력(1174.42 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.18 - 12.0) = 78232896 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.56 - 12.0) = 93244032 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.91025\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

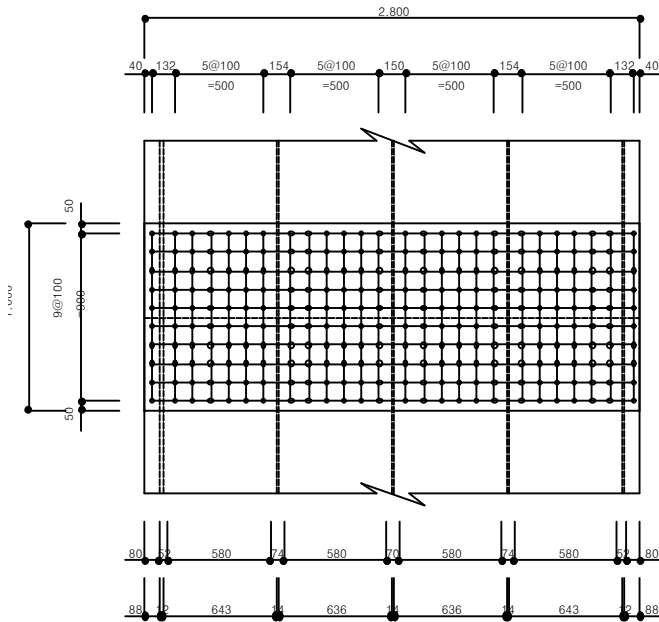
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 19724.1^2} = 76256.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 103.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 24 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.577\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28657\text{E}+11} + \frac{1.174\text{E}+06 \times 6.965\text{E}+07}{2.91025\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18628 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1576.780 kN) , S_v : 합성후 전단력(1174.420 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.82 - 12.0) = 84659904 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.44 - 12.0) = 69648768 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.91025\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 18627.9^2} = 75980.4 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

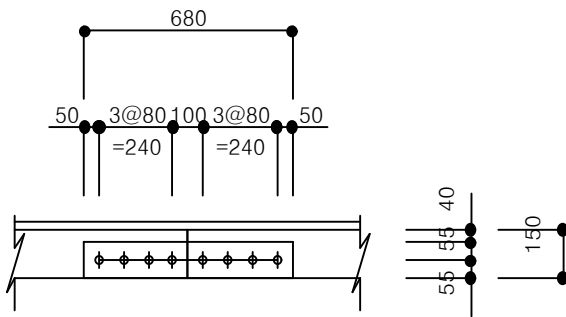
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

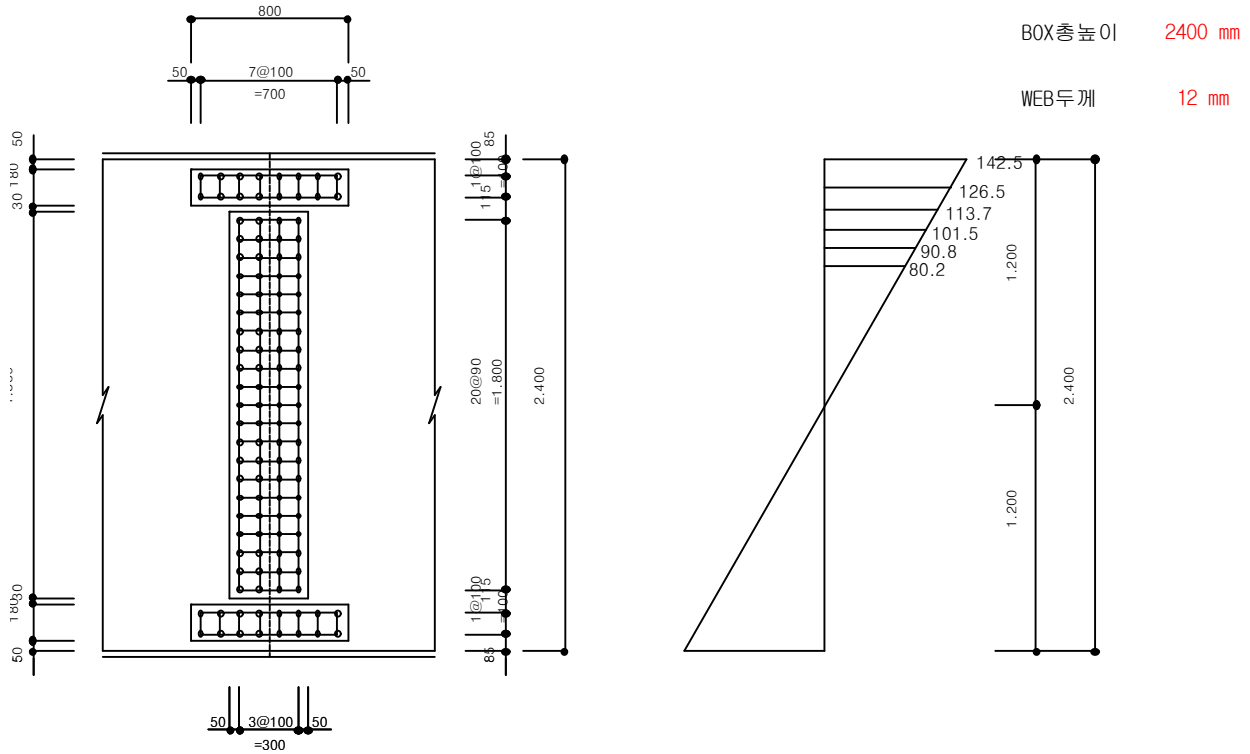
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2751.2 \times 1000}{2} + \frac{790.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 26327.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 26327.2^2)} = 71228.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 13840340901 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1399.56 - 1200.00)^2 = 14970936776 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12644.3 \times \frac{1.38403E+10}{2.28657E+11} = 765.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 8552.3 \times \frac{1.49709E+10}{2.91025E+11} = 439.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 12644.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 8552.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.91025E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1399.56 - 1200.00)^2 = 2.09679E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su},Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{765.346 \times 1000000}{19209232513} \times 1271.820 + \frac{439.949 \times 1000000}{20967937207} \times 1048.440 \\
 &= 50.673 + 21.998 = 72.671 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{765.346 \times 1000000}{19209232513} \times 1176.180 + \frac{439.949 \times 1000000}{20967937207} \times 1399.560 \\
 &= 46.862 + 29.366 = 76.228 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

16) SPLICE - 16 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -8395.720 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -6893.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1757.840$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1163.580$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1079.960 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -73.5 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 105.5$ MPa

강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

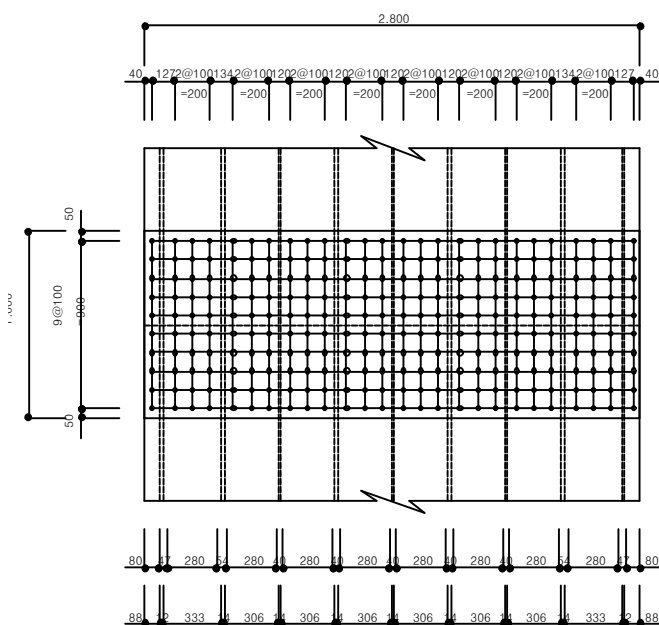
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 105.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \text{ O.K}$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.758\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28657\text{E}+11} + \frac{1.164\text{E}+06 \times 9.324\text{E}+07}{2.91025\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20984 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1757.84 kN) , S_v : 합성후 전단력(1163.58 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.18 - 12.0) = 78232896 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.56 - 12.0) = 93244032 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.91025\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

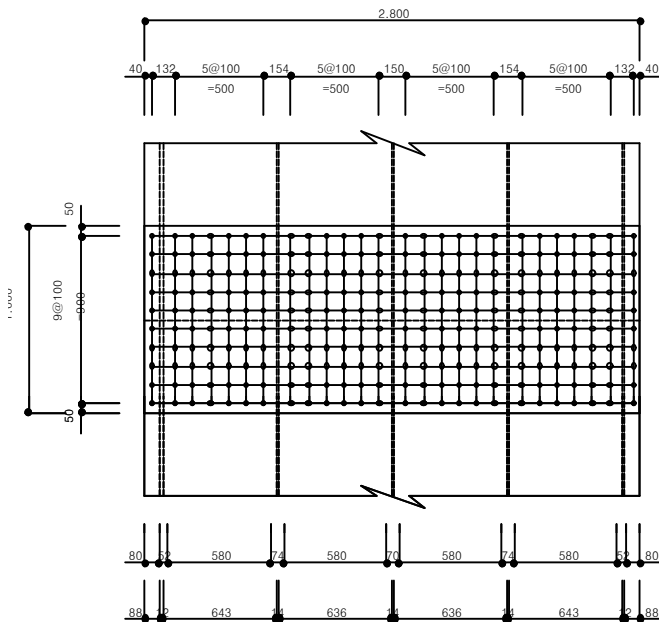
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{73661.5^2 + 20983.6^2} = 76592.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 73.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.758E+06 \times 8.466E+07}{2.28657E+11} + \frac{1.164E+06 \times 6.965E+07}{2.91025E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 20016 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1757.840 kN) , S_v : 합성후 전단력(1163.580 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.82 - 12.0) = 84659904 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.44 - 12.0) = 69648768 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 2.91025E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 20015.9^2)} = 76332.6 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

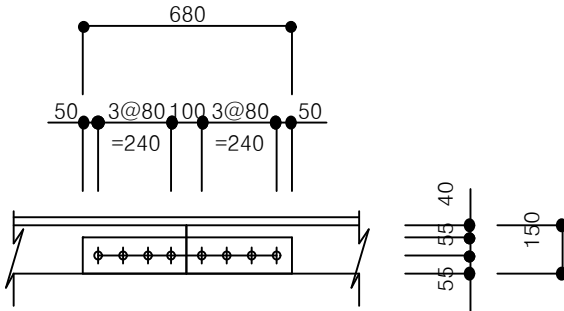
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적} \quad A_{sn} = 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

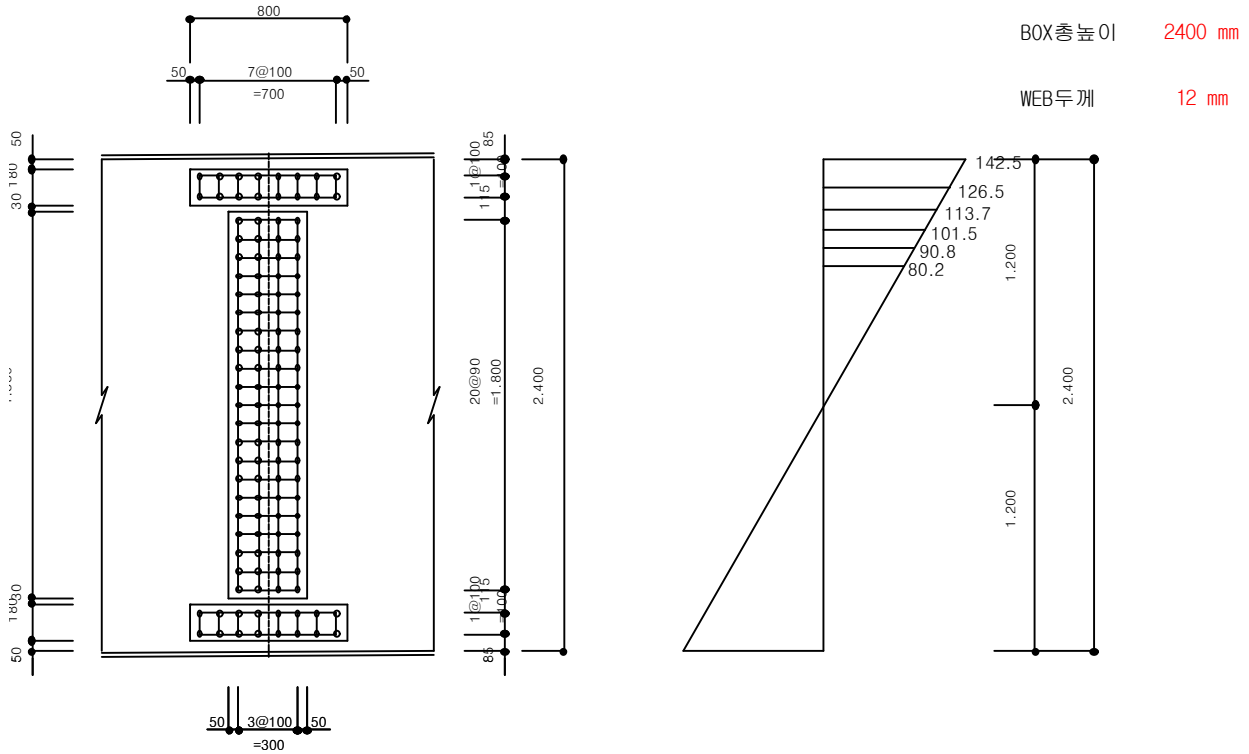
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2921.4 \times 1000}{2} + \frac{1080.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 28749.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 28749.0^2)} = 72158.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 13840340901 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1399.56 - 1200.00)^2 = 14970936776 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 8395.7 \times \frac{1.38403E+10}{2.28657E+11} = 508.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 6893.6 \times \frac{1.49709E+10}{2.91025E+11} = 354.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 8395.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 6893.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 2.28657E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 2.91025E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.18)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1399.56 - 1200.00)^2 = 2.09679E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.4 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.6 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{508.184 \times 1000000}{19209232513} \times 1271.820 + \frac{354.621 \times 1000000}{20967937207} \times 1048.440 \\
 &= 33.646 + 17.732 = 51.378 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{508.184 \times 1000000}{19209232513} \times 1176.180 + \frac{354.621 \times 1000000}{20967937207} \times 1399.560 \\
 &= 31.116 + 23.670 = 54.786 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

17) SPLICE - 17 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 6826.550 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7181.220 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 960.250 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 725.956 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 849.196 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 93.6 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -83.4 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

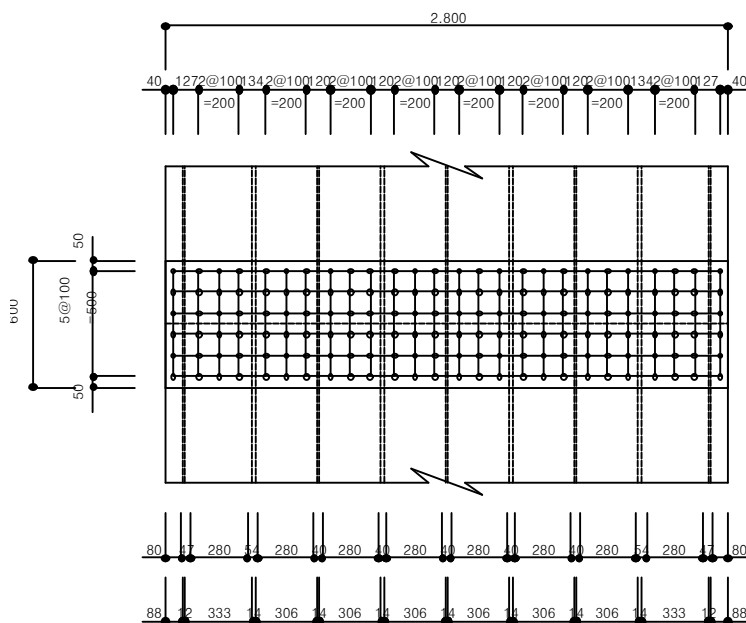
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 93.6 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{9.603E+05 \times 4.279E+07}{1.76066E+11} + \frac{7.260E+05 \times 1.801E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 9718 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(960.25 kN) , S_v : 합성후 전단력(725.96 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (541.86 - 6.0) = 18005030 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에 대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.49936E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

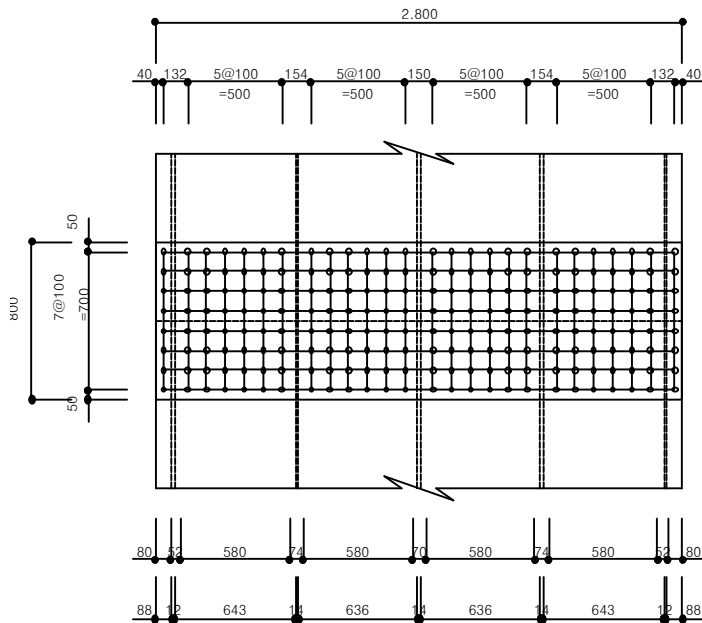
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 9717.7^2} = 62149.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 83.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_t)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{9.603\text{E}+05 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{7.260\text{E}+05 \times 9.471\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 13738 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(960.250 kN) , S_v : 합성후 전단력(725.956 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1888.14 - 9.0) = 94708454 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 13738.1^2} = 70411.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

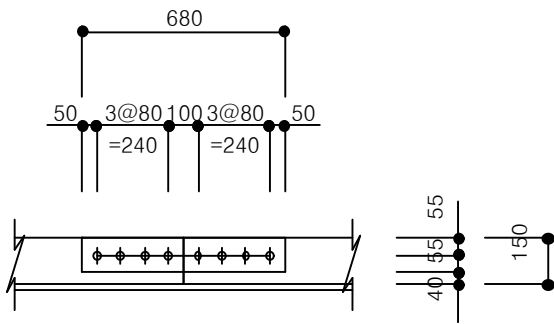
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

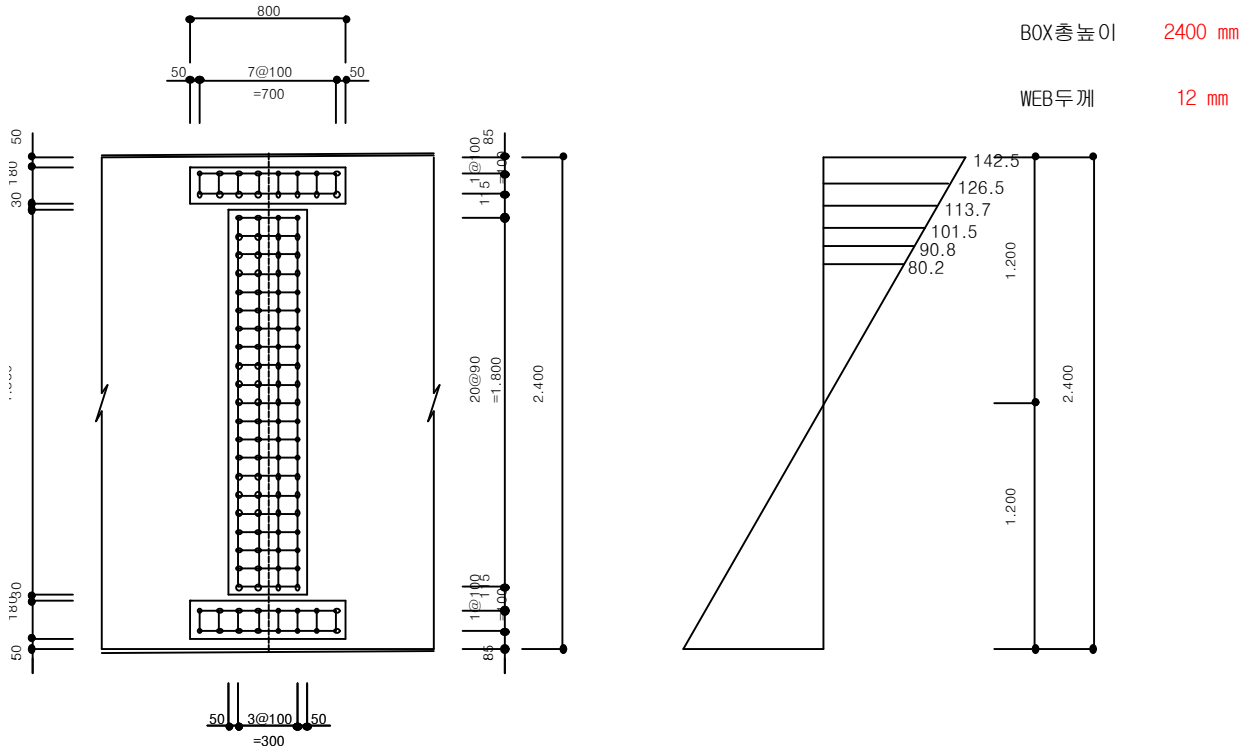
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 54466.2 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b \cdot h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1686.2 \times 1000}{2} + \frac{849.2 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 17339.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 17339.0^2)} = 68418.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 27461697249 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 6826.6 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 538.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7181.2 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 563.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{ 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 6826.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{ 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 7181.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{ 강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{ 합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 3.49936E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 541.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1888.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{538.721 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{563.557 \times 1000000}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 35.725 + 7.559 = 43.284 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{538.721 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{563.557 \times 1000000}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 32.127 + 26.340 = 58.467 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

18) SPLICE - 18 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 12487.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 9311.460 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 338.756$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 480.234$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 473.345 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 129.4 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -131.8$ MPa

강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

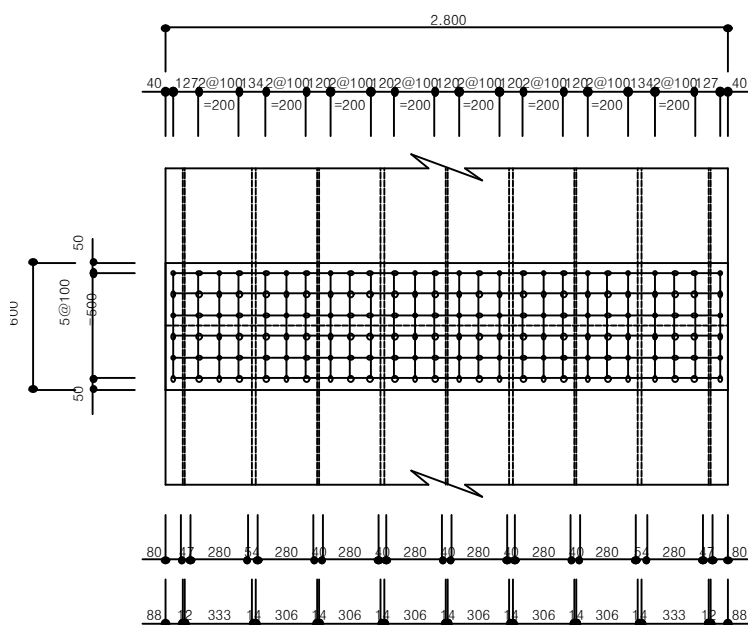
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 129.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As_{fs}}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.388\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{4.802\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3842 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(338.76 kN) , S_v : 합성후 전단력(480.23 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1279.42 - 6.0) = 42786912 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (541.86 - 6.0) = 18005030 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

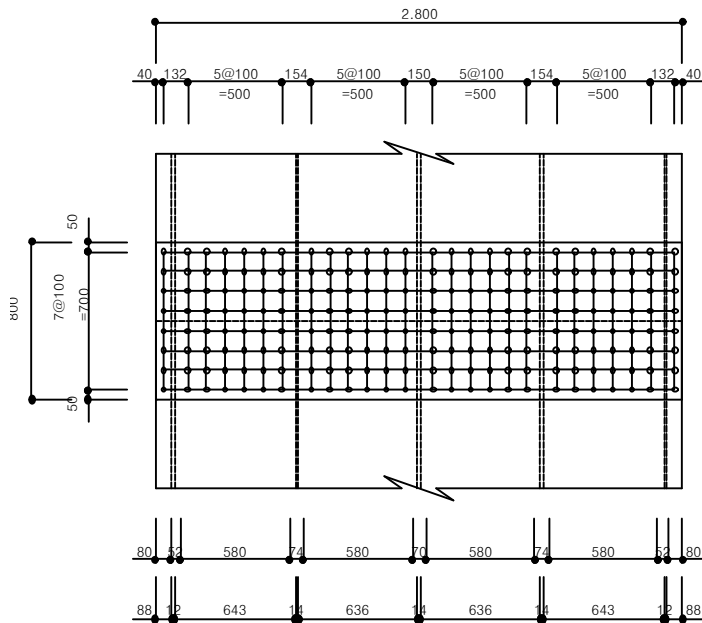
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 3842.2^2} = 61504.7 \text{ N/EA} < \rho_a , \text{ O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 131.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 18 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.388\text{E}+05 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{4.802\text{E}+05 \times 9.471\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6480 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(338.756 kN) , S_v : 합성후 전단력(480.234 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 18 \times (1150.58 - 9.0) = 57535632 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 18 \times (1888.14 - 9.0) = 94708454 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{69057.7^2 + 6479.7^2} = 69361.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

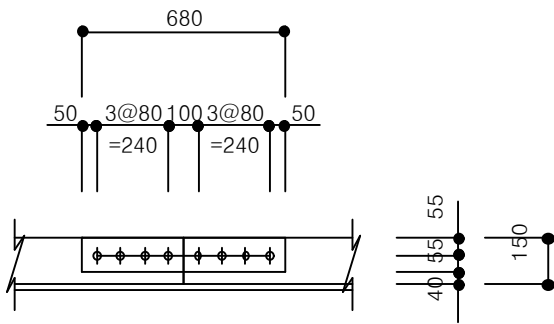
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

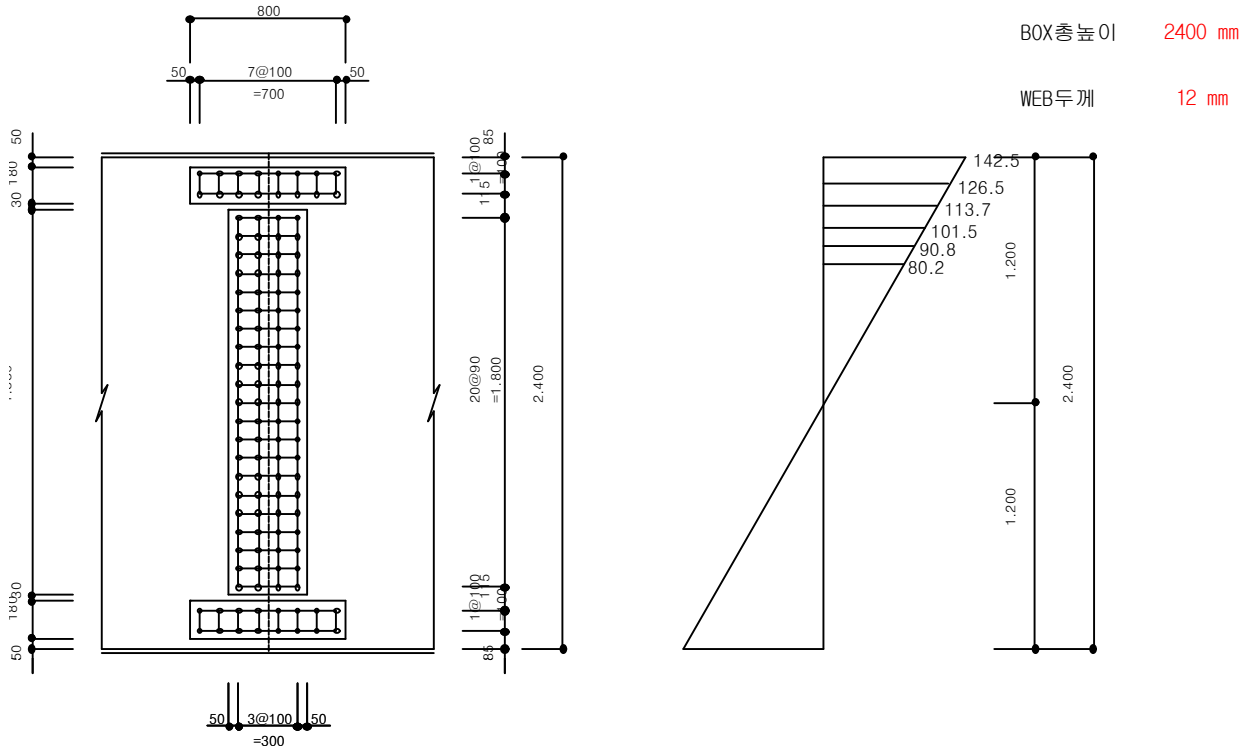
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 54466.2 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{819.0 \times 1000}{2} + \frac{473.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 8622.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 8622.5^2)} = 66743.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 13894339288 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 27461697249 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12487.6 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 985.5 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 9311.5 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 730.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{sw} : \text{ 복부에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, } M_s = 12487.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} : \text{ 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, } M_v = 9311.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_s : \text{ 강재보단면의 단면2차모멘트, } I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_v : \text{ 합성단면의 단면2차모멘트, } I_v = 3.49936E+11 \text{ mm}^4$$

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상, 하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 541.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1888.1 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{985.465 \times 1000000}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{730.730 \times 1000000}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 65.351 + 9.801 = 75.152 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_I &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{985.465 \times 1000000}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{730.730 \times 1000000}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 58.770 + 34.153 = 92.923 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K.}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad \text{O.K.}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.300\text{E}+05 \times 3.834\text{E}+07}{1.51392\text{E}+11} + \frac{5.828\text{E}+05 \times 1.464\text{E}+07}{2.87058\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6794 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(629.95 kN) , S_v : 합성후 전단력(582.84 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1147.19 - 6.0) = 38343984 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (441.62 - 6.0) = 14636933 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392\text{E}+11 \text{ mm}^4 , I_v = 2.87058\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

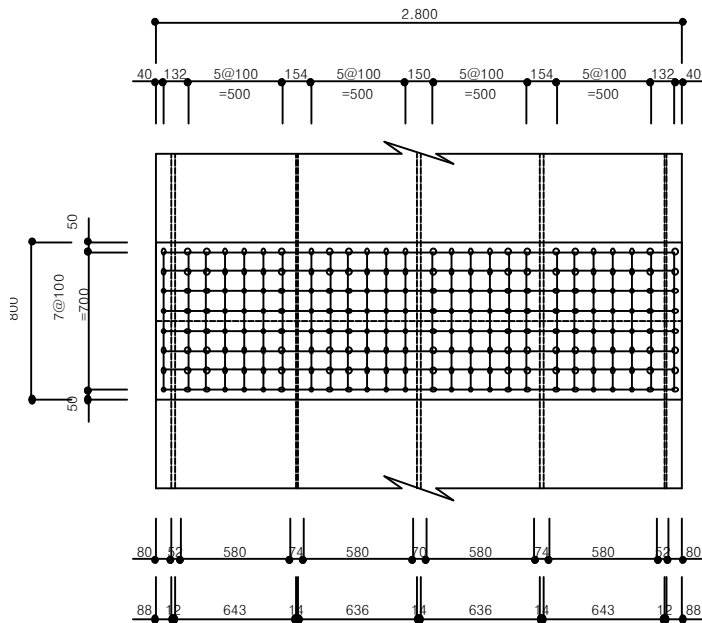
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{61384.6^2 + 6794.3^2} = 61759.5 \text{ N/EA} < \rho_a, \text{ O.K.}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 140.4 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께 : } T_u = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이 : } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } 2800 \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad O.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 85.9 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 46038.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{6.300E+05 \times 4.270E+07}{1.51392E+11} + \frac{5.828E+05 \times 6.641E+07}{2.87058E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8414 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(629.950 kN) , S_v : 합성후 전단력(582.836 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1276.81 - 6.0) = 42699216 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (1982.38 - 6.0) = 66406267 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.51392E+11 \text{ mm}^4, I_v = 2.87058E+11 \text{ mm}^4)$$

$$p : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm)} = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트수} = 2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{46038.5^2 + 8413.6^2} = 46801.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

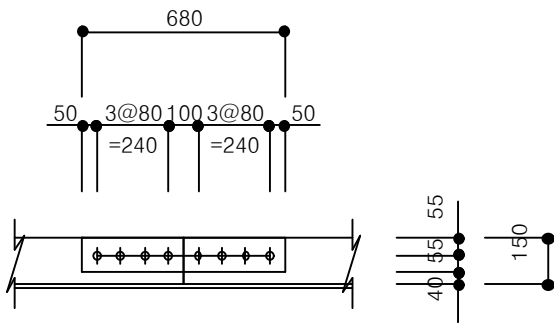
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 12 \times 2800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} = 12 \times (2800 - 25 \times 26) = 25800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{33600.0 \times 142.5}{25800.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

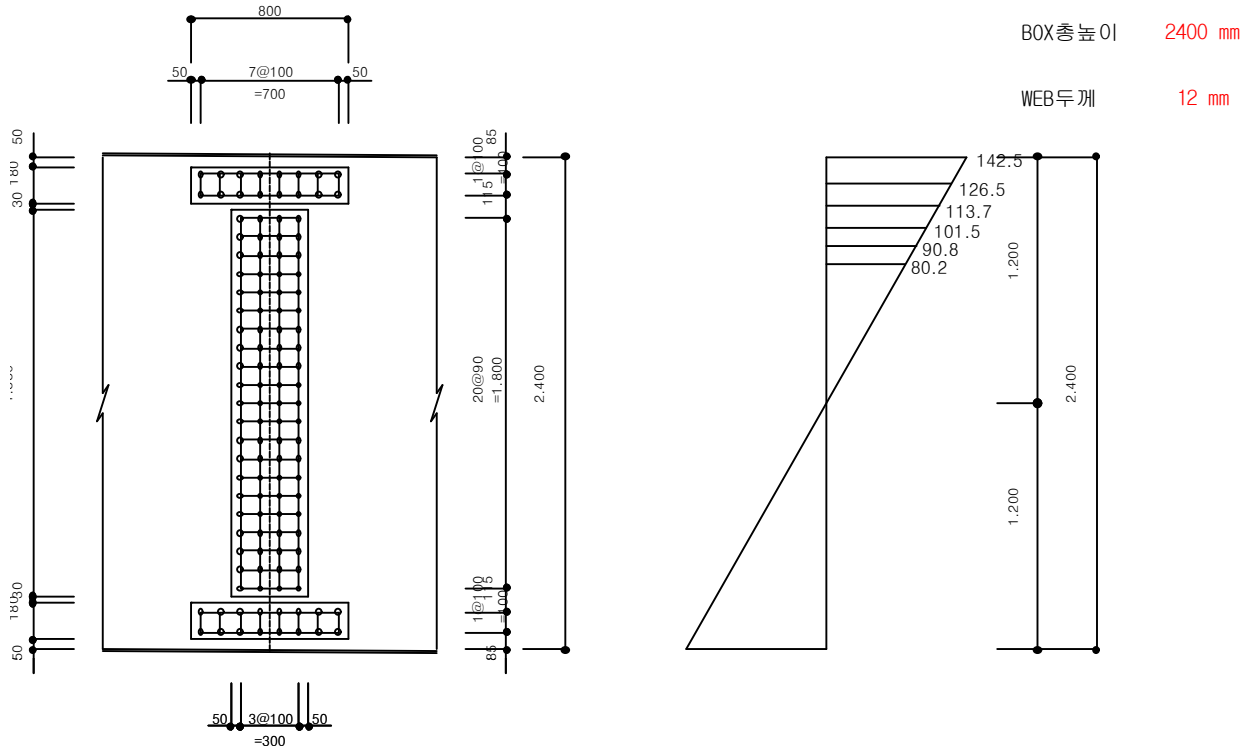
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bht$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1212.8 \times 1000}{2} + \frac{1044.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 13903.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(66185^2 + 13903.4^2)} = 67629.1 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 13993913552 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 31452876580 \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 10670.1 \times \frac{1.39939E+10}{1.51392E+11} = 986.3 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv'}}{I_v} = 7229.7 \times \frac{3.14529E+10}{2.87058E+11} = 792.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s = 10670.1 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v = 7229.7 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트, I_s = 1.51392E+11 mm⁴

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트, I_v = 2.87058E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = 11093893333 + 8089920000 = 19183813333 \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1200.00 - 1276.81)^2 = 1.94481E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = 19183813333 + 44800.00 \times (1982.38 - 1200.00)^2 = 4.66065E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{su} = 1147.2 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1276.8 \text{ mm}$$

Y_{vu},Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 441.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1982.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{986.291 \times 1000000}{19448123303} \times 1147.190 + \frac{792.153 \times 1000000}{46606510235} \times 441.623 \\
 &= 58.179 + 7.506 = 65.685 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K
 \end{aligned}$$

$$f_I = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{986.291 \times 1000000}{19448123303} \times 1276.810 + \frac{792.153 \times 1000000}{46606510235} \times 1982.377$$

$$= \frac{64.752}{\quad} + \frac{33.694}{\quad} = 98.446 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한다. (도.설 3.5.2.4)

t_1 : 얇은쪽 모재의 두께 (mm)

$t_1 > S \geq \sqrt{2} \cdot t_2$ t_2 : 두꺼운쪽 모재의 두께 (mm)

S : 필렛용접 치수 (mm)

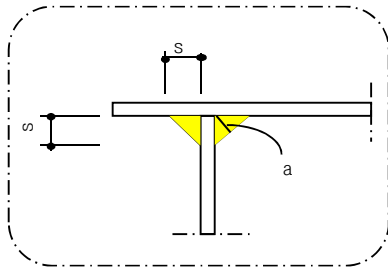
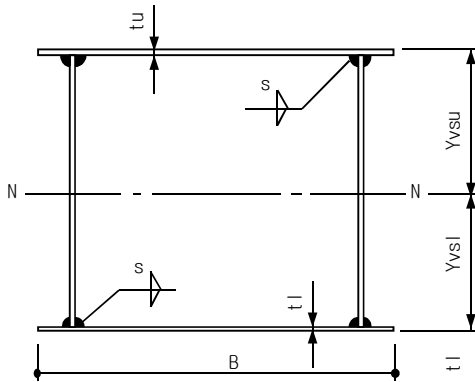
가) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

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	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정
단면 - 1	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 2	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 3	12	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 4	12	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 5	18	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 6	24	24	12	6.9	12	7	OK	6.9	12	7	OK
단면 - 7	30	30	14	7.7	14	8	OK	7.7	14	8	OK
단면 - 8	30	24	12	7.7	12	8	OK	6.9	12	7	OK
단면 - 9	24	18	12	6.9	12	7	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 10	14	14	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK

2) 용접부의 응력 검토



용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로교 표준시방서 P26)

$$u = \frac{S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a} < u_a$$

u : 전단 응력 (MPa)

u_a : 허용 전단 응력 (도.설 3.3.2.1)

S : 총 작용전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

$$\text{단면 1차 모멘트 (mm}^3\text{)} = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$$

I_v : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (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	S_{max} (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm ³)	I_v (mm ⁴)	s (mm)	Σa (mm)	u (MPa)	u_a (MPa)	비 고
단면-1	2103.907	12	2800	33600	774	2.580E+07	2.396E+11	6	17	13.4	110	OK
단면-2	2089.412	12	2800	33600	442	1.464E+07	2.871E+11	6	17	6.3	110	OK
단면-3	1745.82	12	2800	33600	542	1.801E+07	3.499E+11	6	17	5.3	110	OK
단면-4	2104.639	12	2800	33600	586	1.949E+07	3.764E+11	6	17	6.4	110	OK
단면-5	2672.952	18	2800	50400	968	4.832E+07	2.764E+11	6	17	27.5	110	OK
단면-6	3288.08	24	2800	67200	1050	6.974E+07	2.881E+11	7	20	40.2	110	OK
단면-7	3766.869	30	2800	84000	1081	8.953E+07	3.380E+11	8	23	44.1	110	OK
단면-8	3422.265	30	2800	84000	993	8.218E+07	3.034E+11	8	23	41.0	110	OK
단면-9	2799.892	24	2800	67200	924	6.129E+07	2.635E+11	7	20	32.9	110	OK
단면-10	1418.928	14	2800	39200	470	1.815E+07	3.100E+11	6	17	4.9	110	OK

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	S _{max} (kN)	t l (mm)	B (mm)	A (mm ²)	Y _{vsI} (mm)	Q (mm ³)	I _v (mm ⁴)	s (mm)	Σ a (mm)	u (MPa)	u a (MPa)	비 고
단면-1	2103.907	12	2800	33600	1450	4.852E+07	2.396E+11	6	17	25.1	110	OK
단면-2	2089.412	12	2800	33600	1982	6.641E+07	2.871E+11	6	17	28.5	110	OK
단면-3	1745.82	18	2800	50400	1888	9.471E+07	3.499E+11	6	17	27.8	110	OK
단면-4	2104.639	18	2800	50400	1844	9.248E+07	3.764E+11	6	17	30.5	110	OK
단면-5	2672.952	18	2800	50400	1468	7.354E+07	2.764E+11	6	17	41.9	110	OK
단면-6	3288.08	24	2800	67200	1398	9.315E+07	2.881E+11	7	20	53.7	110	OK
단면-7	3766.869	30	2800	84000	1379	1.146E+08	3.380E+11	8	23	56.4	110	OK
단면-8	3422.265	24	2800	67200	1461	9.735E+07	3.034E+11	7	20	55.5	110	OK
단면-9	2799.892	18	2800	50400	1518	7.605E+07	2.635E+11	6	17	47.6	110	OK
단면-10	1418.928	14	2800	39200	1958	7.648E+07	3.100E+11	6	17	20.6	110	OK

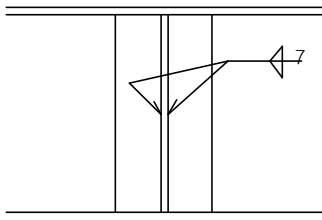
나) 지정부 보강재 용접부 검토

· 교대부

R_{max} = 2638.707 kN

필렛용접 치수 s = 7.0 mm

사용보강재 : 4 PL - 240 × 20 × 2200



용접 목두께 a = s / √2 = 4.95 mm

$$u = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{2638.707 \times 10^3}{8 \times 4.95 \times 2200}$$

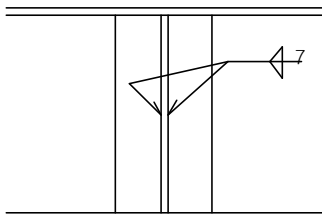
= 30.290 MPa ≤ u a = 110 MPa O.K

· 교각부

R_{max} = 7043.144 kN

필렛용접 치수 s = 7.0 mm

사용보강재 : 4 PL - 240 × 20 × 2400



용접 목두께 a = s / √2 = 4.95 mm

$$u = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{7043.144 \times 10^3}{8 \times 4.95 \times 2400}$$

= 74.111 MPa ≤ u a = 110 MPa 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 주 간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여

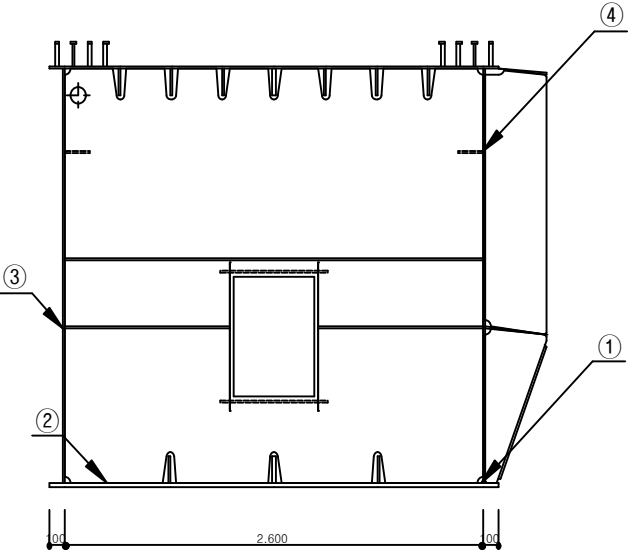
피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



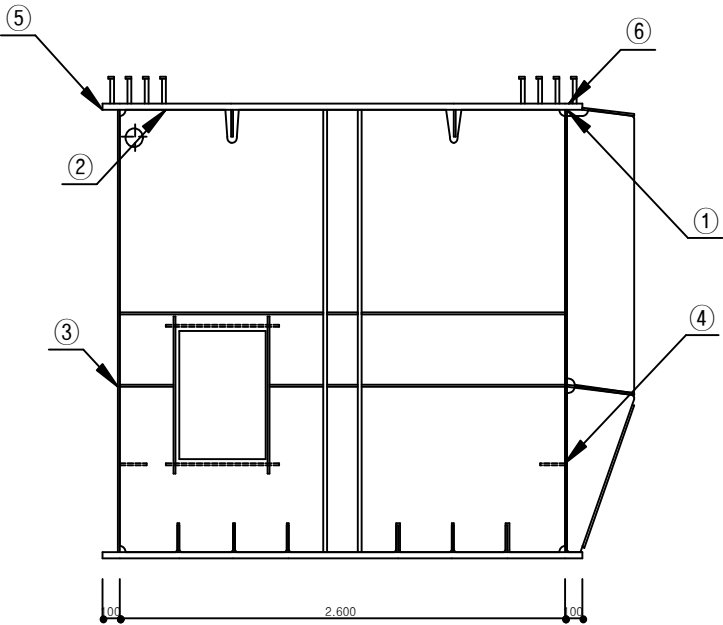
본 교량은 **주간선도로**에 속하는 **다재하경로** 구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



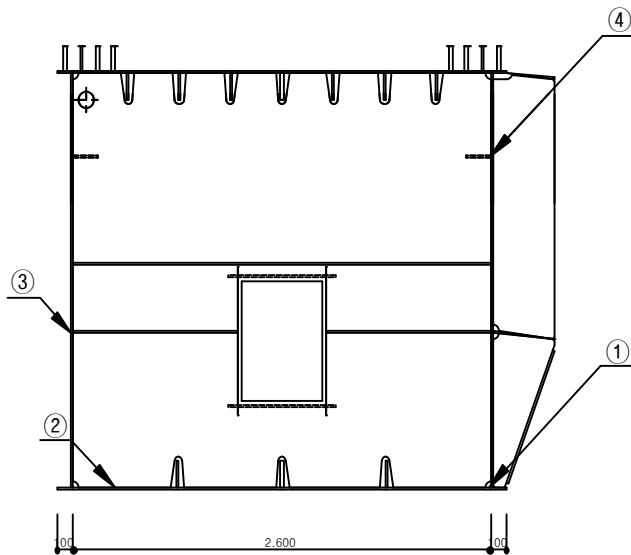
구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거сет판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	전단피로검토
		F	63	84	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	6345.051	7167.962	3.499E+11	1846.1	33.474	37.815	B	126	203	0.K.
②				1846.1	33.474	37.815	C	91	147	0.K.
③				951.1	17.245	19.482	E	56	91	0.K.
④				73.9	1.340	1.514	E	56	91	0.K.

단면 II

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	4334.797	9181.977	3.415E+11	1079.6	13.705	29.030	B	126	203	0.K.
②				1079.6	13.705	29.030	C	91	147	0.K.
③				395.4	5.019	10.632	E	56	91	0.K.
④				810.4	10.288	21.791	E	56	91	0.K.
⑤				1094.6	13.895	29.433	E	56	91	0.K.
⑥				1109.6	14.086	29.837	C	91	147	0.K.

단면 III

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5304.084	6544.957	3.100E+11	1916	32.787	40.458	B	126	203	0.K.
②				1916	32.787	40.458	C	91	147	0.K.
③				1021	17.472	21.559	E	56	91	0.K.
④				4	0.068	0.084	E	56	91	0.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 97 을 설정 하였음

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \sum a}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta S = S_{max} - S_{min} \quad (4.4 \text{ 라. 피로하중 작용범위 참조})$$

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

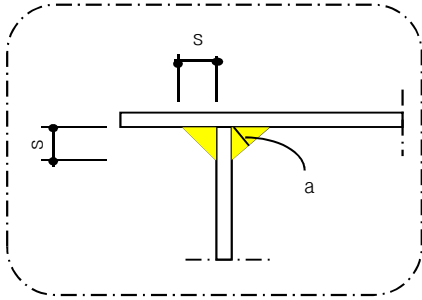
$$\text{단면 1차 모멘트 (mm}^3\text{)} = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

$$\sum a : \text{필렛 용접의 목두께의 합 (mm)} = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

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)	$\sum a$ (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1539.298	30	2800	84000	1067	8.951E+07	3.457E+11	8	22.6	17.6	63	OK
DL하중	1869.669									21.4	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)	$\sum a$ (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1539.298	30	2800	84000	1393	1.169E+08	3.457E+11	8	22.6	23.0	63	OK
DL하중	1869.669									27.9	84	OK

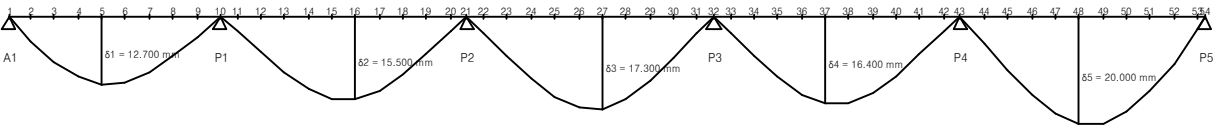
6.2 처짐 검토

충격하중을 포함한 활하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (도.설 3.2.3)

< Girder 1 >

(단위 : mm)

절점NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
처 짐 량	0.000	-4.396	-8.511	-11.400	-12.700	-12.300	-10.400	-7.370	-3.677	0.000
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-2.503	-6.506	-10.400	-13.600	-15.400	-15.500	-14.000	-10.900	-7.028	-2.800
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	0.000	-2.944	-7.477	-11.800	-15.300	-17.200	-17.300	-15.400	-12.000	-7.697
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
처 짐 량	-3.069	0.000	-2.892	-7.290	-11.400	-14.700	-16.400	-16.300	-14.400	-11.100
절점NO.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
처 짐 량	-6.961	-2.704	0.000	-4.862	-9.973	-14.600	-18.100	-20.000	-20.000	-18.000
절점NO.	51	52	53	54						
처 짐 량	-14.100	-8.689	-2.096	0.000						



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.500 m

$$\delta_1 = 12.700 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 44.5 \text{ m} / 500 = 89.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_2 = 15.500 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_3 = 17.300 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_4 = 16.400 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

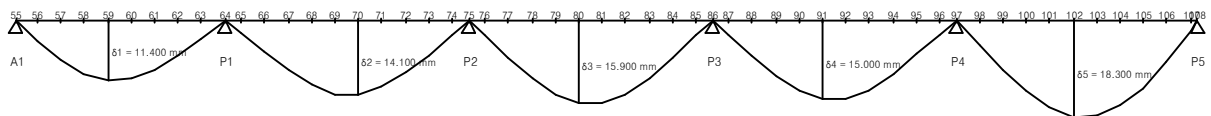
지간 길이 $L = 51.500 \text{ m}$

$$\delta_5 = 20.000 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.5 \text{ m} / 500 = 103.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점NO.	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
처짐량	0.000	-3.894	-7.555	-10.100	-11.400	-11.100	-9.418	-6.700	-3.374	0.000
절점NO.	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
처짐량	-2.300	-5.940	-9.466	-12.300	-14.000	-14.100	-12.700	-10.000	-6.477	-2.605
절점NO.	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
처짐량	0.000	-2.754	-6.942	-10.900	-14.100	-15.900	-15.900	-14.200	-11.100	-7.163
절점NO.	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
처짐량	-2.879	0.000	-2.695	-6.737	-10.500	-13.400	-15.000	-14.900	-13.200	-10.200
절점NO.	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
처짐량	-6.411	-2.510	0.000	-4.532	-9.221	-13.400	-16.600	-18.300	-18.200	-16.300
절점NO.	105	106	107	108						
처짐량	-12.800	-7.850	-1.894	0.000						



◆ 허용 처짐량

지간 길이 $L = 44.500 \text{ m}$

$$\delta_1 = 11.400 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 44.5 \text{ m} / 500 = 89.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 14.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_3 = 15.900 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_4 = 15.000 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

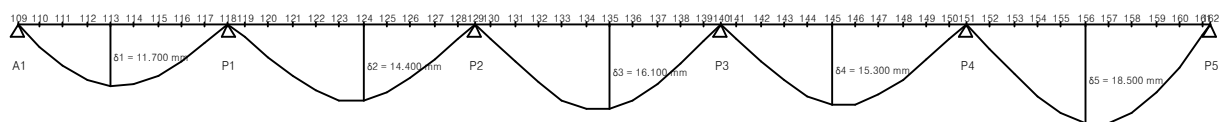
지간 길이 L = 51.500 m

$$\delta_5 = 18.300 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.5 \text{ m} / 500 = 103.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 3 >

(단위 : mm)

절점NO.	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
처짐량	0.000	-4.055	-7.858	-10.500	-11.700	-11.400	-9.649	-6.817	-3.402	0.000
절점NO.	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
처짐량	-2.324	-6.042	-9.668	-12.600	-14.300	-14.400	-13.000	-10.200	-6.541	-2.627
절점NO.	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
처짐량	0.000	-2.776	-7.004	-11.000	-14.200	-16.000	-16.100	-14.400	-11.200	-7.219
절점NO.	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148
처짐량	-2.898	0.000	-2.719	-6.806	-10.600	-13.700	-15.300	-15.200	-13.400	-10.300
절점NO.	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158
처짐량	-6.476	-2.531	0.000	-4.563	-9.302	-13.600	-16.800	-18.500	-18.500	-16.600
절점NO.	159	160	161	162						
처짐량	-13.000	-8.021	-1.936	0.000						



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.500 m

$$\delta_1 = 11.700 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 44.5 \text{ m} / 500 = 89.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 14.400 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_3 = 16.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_4 = 15.300 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 51.500 \text{ m}$

$$\delta_5 = 18.500 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.5 \text{ m} / 500 = 103.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$