

부산방향 5@52, S6~S10 - 상부구조

목 차

1. 설계기준
2. 단면가정
3. 바닥판 설계
 - 3.1 캔틸레버부
 - 가. 좌측 캔틸레버부
 - 나. 우측 캔틸레버부
 - 3.2 중앙부
 - 3.3 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 하행 S06 - S10
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : $L = 52.000 + 52.000 + 52.000 + 52.000 + 52.000 = 260.000 \text{ m}$
- v) 교량폭원 : $B = 16.833 \text{ m}$
- 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, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400B 사용 (지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 $E_s = 210000 \text{ MPa}$

- 허용 인장 응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.1)

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

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 축방향 압축응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.2)

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

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 총단면의 단면회전반경 (mm)

- 허용 휨압축응력 (MPa)

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

휨좌굴이 일어나기 어려운 경우

(도.설 표3.3.4(a))

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

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

② ① 이외의 경우

(도.설 표 3.3.4(b))

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

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

- 허용 전단응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.5)

강 종	SS400		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	

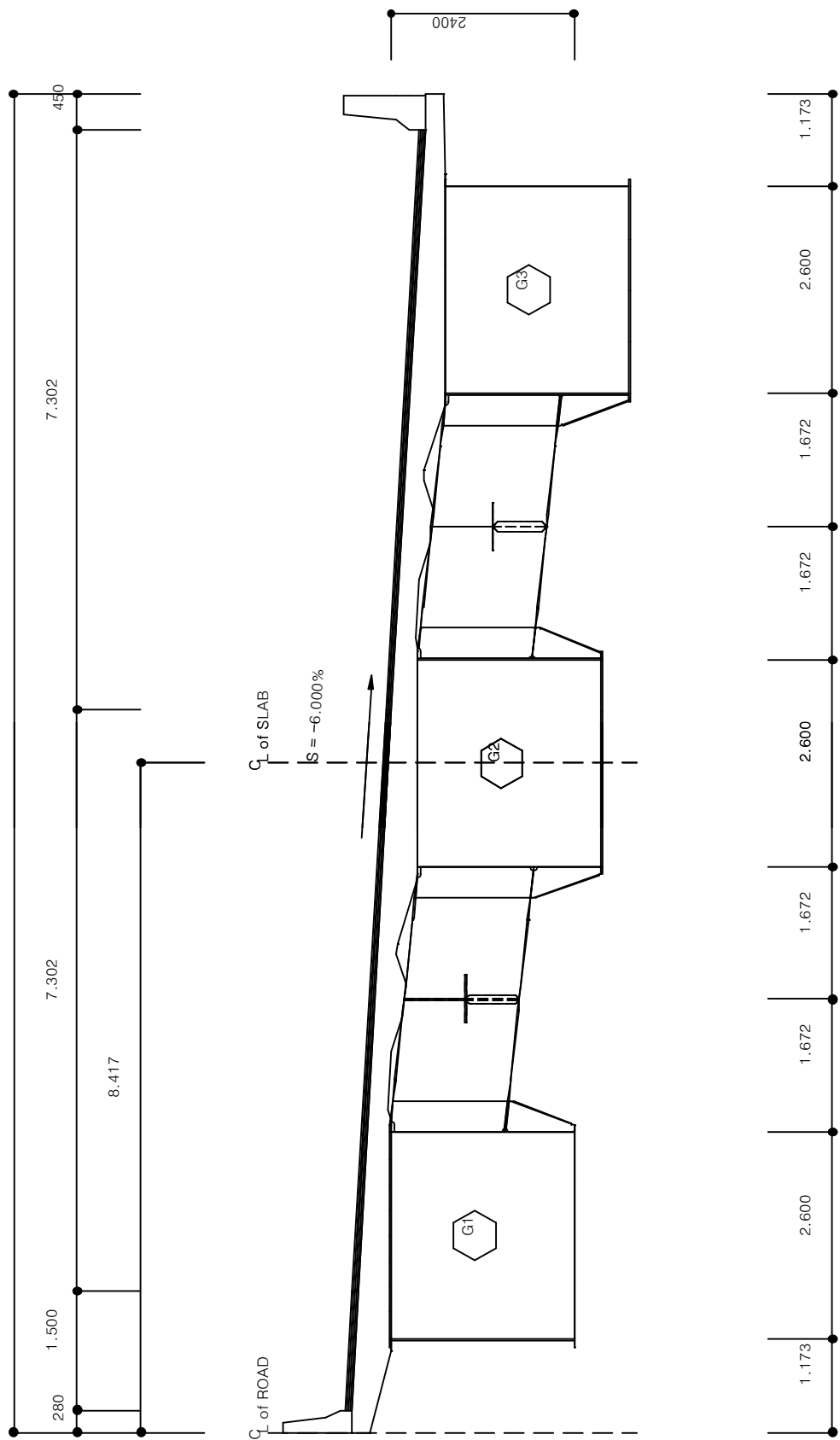
4) 설계방법

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

5) 참고문헌

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

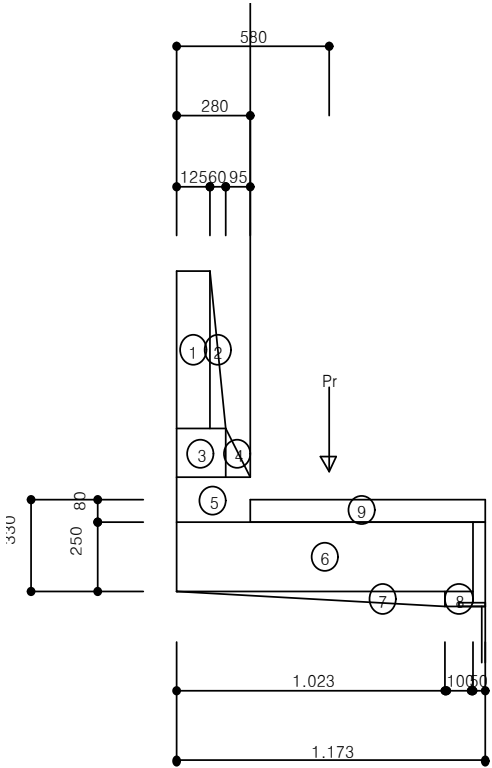
2. 단면가정



3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부

가. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.125 m
아스팔트포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.155 m	L2 =	0.060 m
설계 속도	: 120.0 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.095 m
트럭의 1후륜하중 (P_r)	: 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

N0.	작 용 하 중 (kN)	거 리 (m)	모 멘 트(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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

마) 풍하중

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

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

바) 하중 조합

(도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 M_d + 2.15 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 9.239 + 2.15 \times 43.054 + 1.3 \times 12.487 = 120.809 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 9.239 + 1.3 \times 43.054 + 1.3 \times 12.487 + 1.3 \times 35.1 \\ &= 129.844 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_{cf} + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 9.239 + 1.3 \times 43.054 + 1.3 \times 12.487 + 0.65 \times 1.179 \\ &= 84.980 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 9.239 + 1.2 \times 1.179 + 1.2 \times 35.1 = 54.621 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{5} \quad Mu5 &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 9.239 + 1.3 \times 1.179 \\ &= 13.542 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사) 캔틸레버판 단부설계

(도.설 4.7.6.4)

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

아) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

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

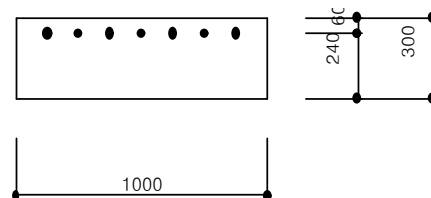
자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ Mu &= 129.844 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300 \text{ mm} \\ d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 \end{aligned}$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

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

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned}
 \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 39.788 \text{ mm} \\
 \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.820 \text{ mm} \\
 j d &= d - a/2 = 223.090 \text{ mm} \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 776.160 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 776.160 \text{ kN} \\
 \Phi M_n &= \Phi f_y \times A_s \times j d = 147.181 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 129.844 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K. \quad 1.134
 \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\begin{aligned}
 \text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} &= 120 / \sqrt{1.123} = 113 \% > 67 \% \\
 A_s \times 67\% &= 1695.624 \times 0.67 = 1136.1 \text{ mm}^2 \\
 \text{수축 · 온도철근량} &: 0.0020 \cdot b \cdot h = 600.0 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 16 @ 150 &= 1324.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd } d \&A_s = 1695.6 \text{ mm}^2 \times 2 = 3391.2 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 A_{\text{use}} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd } d \&A_s = 1136.1 \text{ mm}^2 \times 2 = 2272.1 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 22 @ 150 &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[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)

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

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + M_{cf} + 0.3M_w = 9.239 + 43.054 + 12.487 + 0.354 \\ &= 65.133 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$= 155.446 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

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

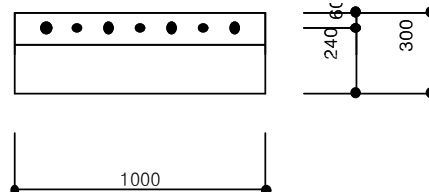
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

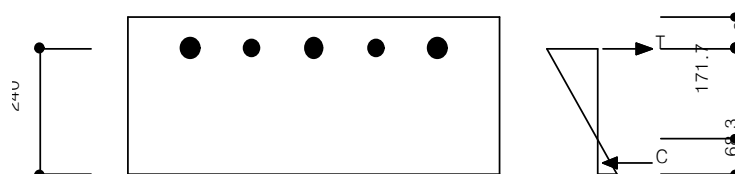
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

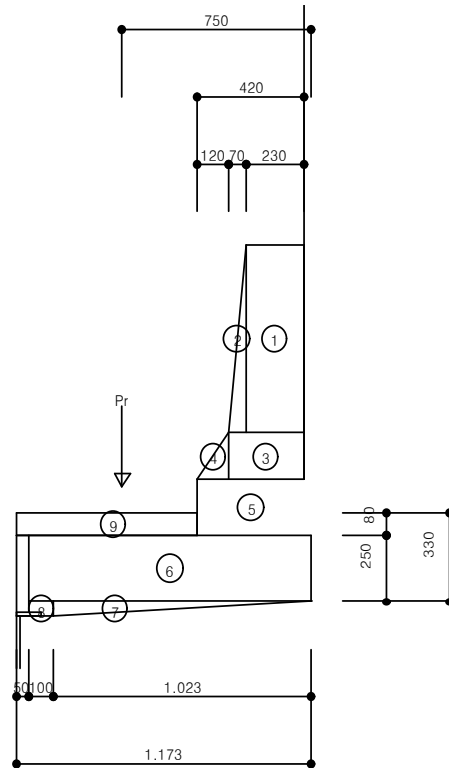
$$\begin{aligned} \textcircled{c} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\frac{d_c \times A}{}} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.36 \times 155.446 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 15000.0}{}} \times 0.00001 \\ &= 0.22 \text{ mm} < \omega_a = 0.253 \quad \therefore \text{O.K}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

여기서, β_c = 단면의 종립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 종립축에서 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)	거 리 (m)	모 멘 트(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)

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

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

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)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} \\ &= 1.3 \times 12.433 + 2.15 \times 32.372 + 1.3 \times 13.666 = 103.528 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{2} \quad M_{u2} &= 1.3 M_d + 1.3 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 12.433 + 1.3 \times 32.372 + 1.3 \times 13.666 + 1.3 \times 35.1 = 121.642 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{3} \quad M_{u3} &= 1.3 M_d + 1.3 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 12.433 + 1.3 \times 32.372 + 1.3 \times 13.666 + 0.65 \times 1.74 = 77.143 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{4} \quad M_{u4} &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 12.433 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 35.1 = 59.127 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\ \textcircled{5} \quad M_{u5} &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 12.433 + 1.3 \times 1.74 = 18.424 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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

아) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

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

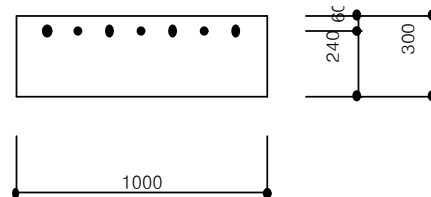
자) 단면검토

◀ 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)

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s \\
 M_u &= \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\
 &= 121642000 \\
 \therefore \text{Req'd } A_s &= 1581.5 \text{ mm}^2 \\
 \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 2108.7 \text{ mm}^2 \\
 \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2 \\
 \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 \\
 \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 16 @ 250 &= 794.4 \text{ mm}^2 \\
 H 19 @ 250 &= 1146.0 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 A_{\text{use}} &= 1940.4 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned}
 \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 39.788 \text{ mm} \\
 \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.820 \text{ mm} \\
 j d &= d - a/2 = 223.090 \text{ mm} \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 776.160 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 776.160 \text{ kN} \\
 \Phi M_n &= \Phi f_y \times A_s \times j d = 147.181 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 121.642 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K.
 \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\begin{aligned}
 \text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} &= 120 / \sqrt{1.123} = 113 \% > 67 \% \\
 A_s \times 67\% &= 1581.533 \times 0.67 = 1059.6 \text{ mm}^2 \\
 \text{수축 · 온도철근량 : } 0.0020 \cdot b \cdot h &= 600.0 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 16 @ 150 &= 1324.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd } d \&A_s = 1581.5 \text{ mm}^2 \times 2 = 3163.1 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 A_{\text{use}} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd } d \&A_s = 1059.6 \text{ mm}^2 \times 2 = 2119.3 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 22 @ 150 &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[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.

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

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

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

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

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

$$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{58.993 \times 1000000}{0.0081 \times 1000 \times 0.900 \times 240^2}$$

$$= 140.791 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

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

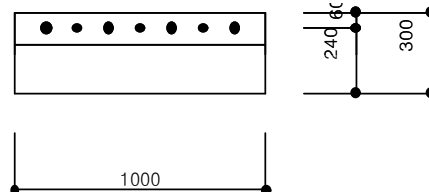
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

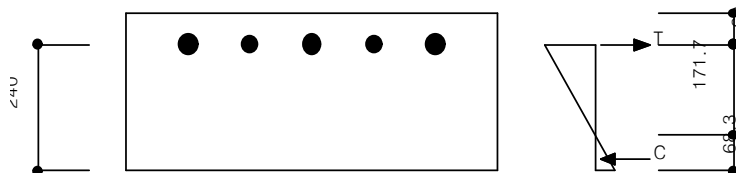
여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

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

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

$$= 227.8 / 167.8 = 1.36$$



3.2 중앙부

가. 중앙지간부

가) 고정하중

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

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

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

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

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

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96.0 kN)

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

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

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

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

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

다) 원심하중 (도.설 2.1.17)

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

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

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

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

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

라) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} Mu1 &= 1.3 Md + 2.15 MI+i + 1.3 Mcf \\ &= 1.3 \times 5.469 + 2.15 \times 33.28 + 1.3 \times 10.08 = 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

마) 바닥판의 최소 두께 (도.설 3.6.1.5)

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

바) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

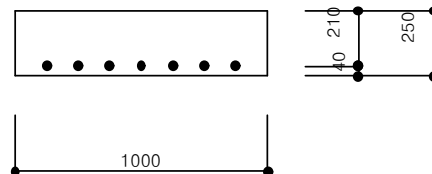
$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

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

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

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

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



[Req'd d & As] (콘.설 6.3.2)

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

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned}
 \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm} \\
 \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / 0.85 \times f_{ck} \times b = 27.692 \text{ mm} \\
 j d &= d - a/2 = 196.154 \text{ mm} \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\
 \Phi M_n &= \Phi f_y \times A_s \times j d = 105.961 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 91.766 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K. \quad 1.155
 \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산 (도.설 3.6.1.4)

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

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

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

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

② 중앙지간 단부

[Req'd d&As]

들보단부이외의 중간지간의 바닥판에 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd d\&As} &= 1362.2 \text{ mm}^2 \times 2 = 2724.5 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 H 22 @ 200 &= 1935.5 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 A_{s\text{use}} &= 3871.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[배력철근]

$$\begin{aligned}
 \text{Req'd d\&As} &= 912.7 \text{ mm}^2 \times 2 = 1825.4 \text{ mm}^2 \\
 \text{USE } H 22 @ 150 &= 2580.7 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!
 \end{aligned}$$

[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)

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

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

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

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

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

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

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

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

$$= 162.167 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad 405.61$$

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

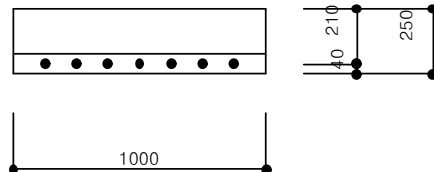
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

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

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

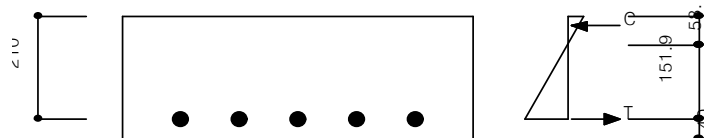
$$\omega = 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{(d_c \times A)} \times 0.00001$$

$$= 1.080 \times 1.27 \times 162.167 \times \sqrt[3]{(40 \times 10000.0)} \times 0.00001$$

$$= 0.164 \text{ mm} > \omega_a = 0.160 \quad \therefore \text{N.G}$$

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 :

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

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

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

$$\therefore A_s = 7742.000 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 5000.000 \text{ mm}^2 \quad 0.K.!!$$

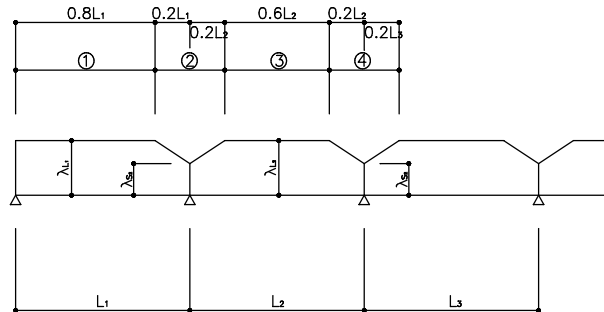
$$\begin{aligned} \cdot \text{주장을} &= \frac{\pi \times 22.2 \times 10.000 + \pi \times 22.2 \times 10.000}{250000} \\ &= 0.0056 > 0.0045 \quad 0.K.!! \end{aligned}$$

4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

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

가) 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



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

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

$L_1 = 51.275$ m

$L_2 = 52.000$ m

$L_3 = 52.000$ m

$L_4 = 52.000$ m

$L_5 = 51.275$ m

1. 제 1 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

2. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (51.275 + 52) = 20.655 \text{ m}$$

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

3. 제 2 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

4. 제 2 중간 지점부

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

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

5. 제 3 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

6. 제 3 중간 지점부

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

· 상 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

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

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

7. 제 4 지간 중앙부

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

· 상 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

8. 제 4 중간 지점부

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

· 상 부

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

$$\begin{aligned} & \text{여기서, } 0.05 < b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\ & \lambda S4 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.139 \text{ m} \\ & \therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S4 + b_e) = 2.479 \text{ m} \end{aligned}$$

· 하 부

$$\begin{aligned} b/l &= 1.3 / 20.655 = 0.063 \\ & \text{여기서, } 0.05 < b/l < 0.30 \text{ 이므로} \\ & \lambda S4 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.139 \text{ m} \\ & \therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S4 + b_e) = 2.479 \text{ m} \end{aligned}$$

9. 제 5 지간 중앙부

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

· 상 부

$$\begin{aligned} b/l &= 1.3 / 41.02 = 0.032 \\ & \text{여기서, } b/l \leq 0.05 \text{ 이므로} \\ & \lambda L5 = b = 1.3 \text{ m} \\ & \therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L5 + b_e) = 2.800 \text{ m} \end{aligned}$$

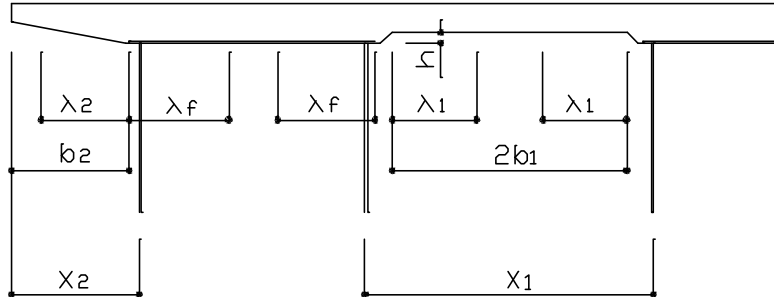
· 하 부

$$\begin{aligned} b/l &= 1.3 / 41.02 = 0.032 \\ & \text{여기서, } b/l \leq 0.05 \text{ 이므로} \\ & \lambda L5 = b = 1.3 \text{ m} \\ & \therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L5 + b_e) = 2.800 \text{ m} \end{aligned}$$

나) 바닥판 유효폭 (도.설 3.9.2.4)

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

1) GIRDER - 1



$X_1 = 3.344$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.173$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현차 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 3.344 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 3.044 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.173 - 0.1 = 1.073 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$b_2 / l = 1.073 / 41.02 = 0.026$$

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. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (51.275 + 52) = 20.655 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

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

$$b_2 / l = 1.073 / 20.655 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

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

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.793 \text{ m} \quad 0.880$$

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

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.799 \text{ m} \quad 0.881$$

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

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

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

8. 제 4 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 20.655 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

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

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.793 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$b2 / l = 1.073 / 41.02 = 0.026$$

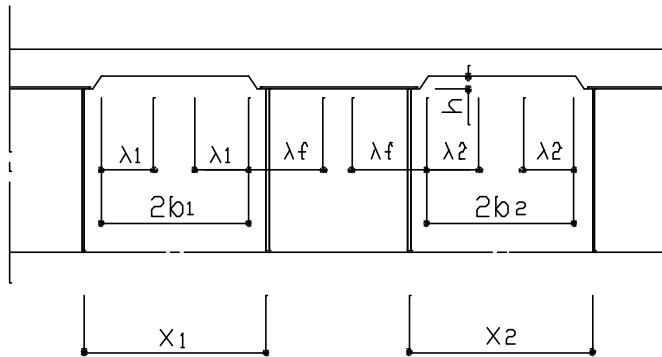
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

$h = 0.050$: 현차 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

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 51.275 = 41.020 \text{ m}$$

$$b1 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda1 = b = 1.522 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda2 = b = 1.522 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda1 + \lambda2 + 2 \times h = 5.944 \text{ m}$$

2. 제 1 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda1 + \lambda2 + 2 \times h = 5.163 \text{ m} \quad 0.869$$

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

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

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

4. 제 2 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

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

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + 2 \times h = 5.170 \text{ m} \quad 0.870$$

5. 제 3 지간 중앙부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

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

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

6. 제 3 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

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

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

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

8. 제 4 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

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

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.163 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$b2 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

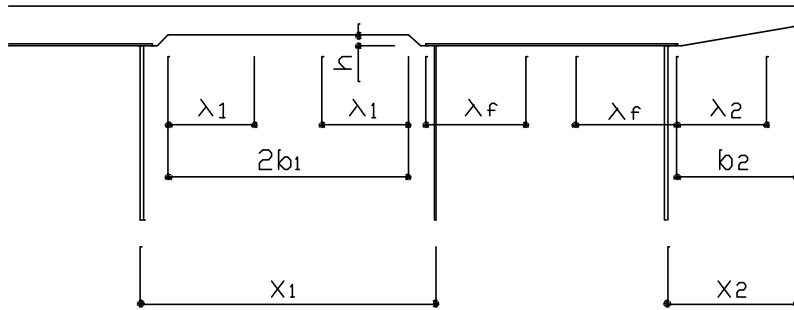
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

3) GIRDER - 3



$X_1 = 3.344$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.173$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현차 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 3.344 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 3.044 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.173 - 0.1 = 1.073 \text{ m}$$

1. 제 1 지간 중앙부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$b_2 / l = 1.073 / 41.02 = 0.026$$

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. 제 1 중간 지점부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (51.275 + 52) = 20.655 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

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

$$b_2 / l = 1.073 / 20.655 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

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

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.793 \text{ m}$$

3. 제 2 지간 중앙부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

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

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

4. 제 2 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 20.8 = 0.052$$

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

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

$$b_1 / l = 1.522 / 31.2 = 0.049$$

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

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

6. 제 3 중간 지점부

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

$$b_1 / l = 1.522 / 20.8 = 0.073$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.294 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.073 / 20.8 = 0.052$$

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

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

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

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

8. 제 4 중간 지점부

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

$$b1 / l = 1.522 / 20.655 = 0.074$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.292 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.073 / 20.655 = 0.052$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

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

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.793 \text{ m}$$

9. 제 5 지간 중앙부

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

$$b1 / l = 1.522 / 41.02 = 0.037$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$b2 / l = 1.073 / 41.02 = 0.026$$

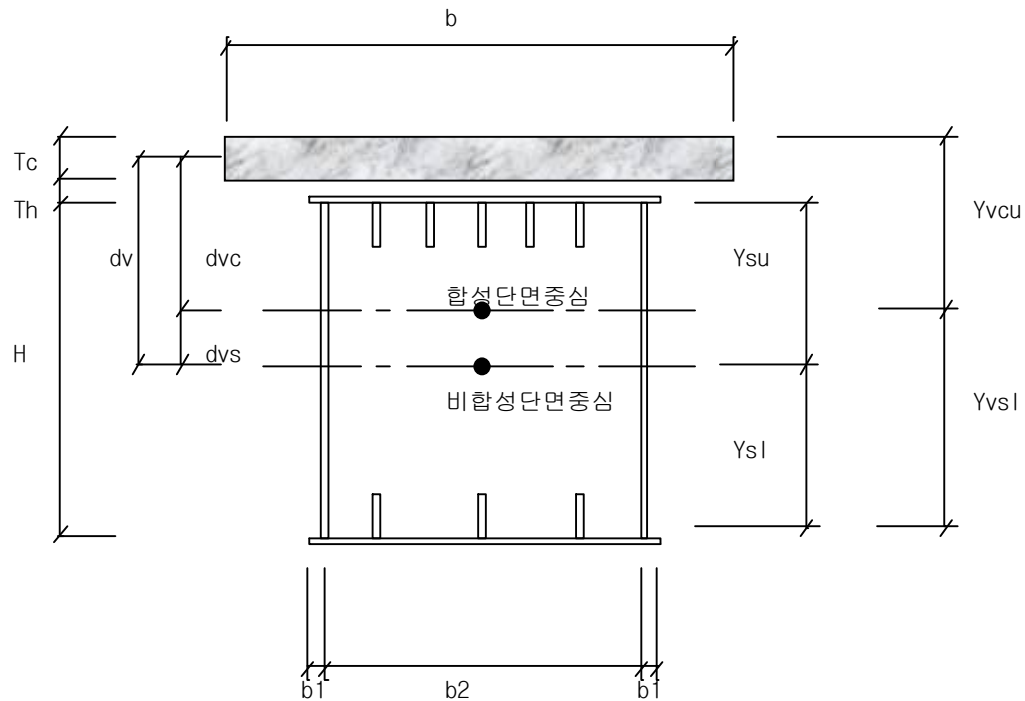
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

슬래브 유효폭

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

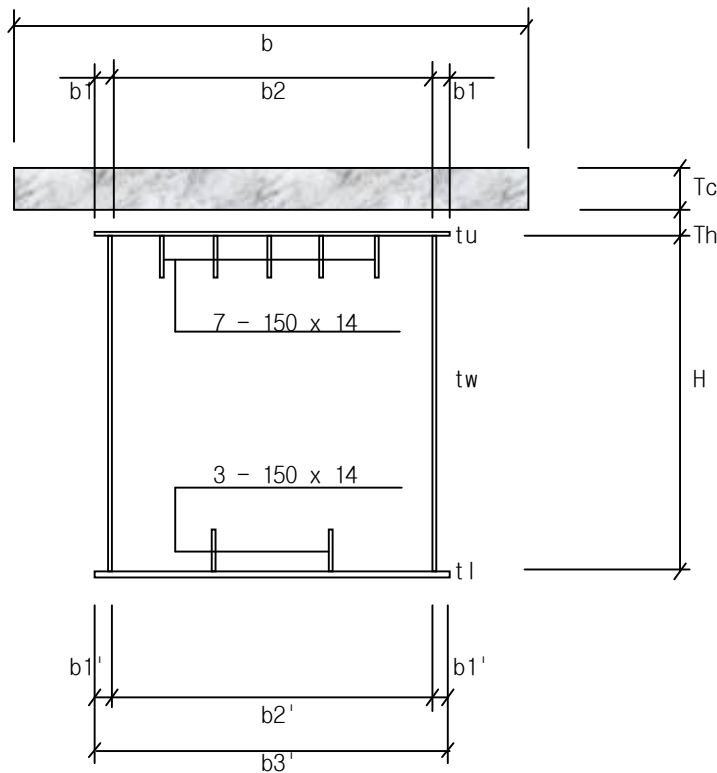
4.2 단 면 가 정



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)

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

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

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

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

② 합성후 단면

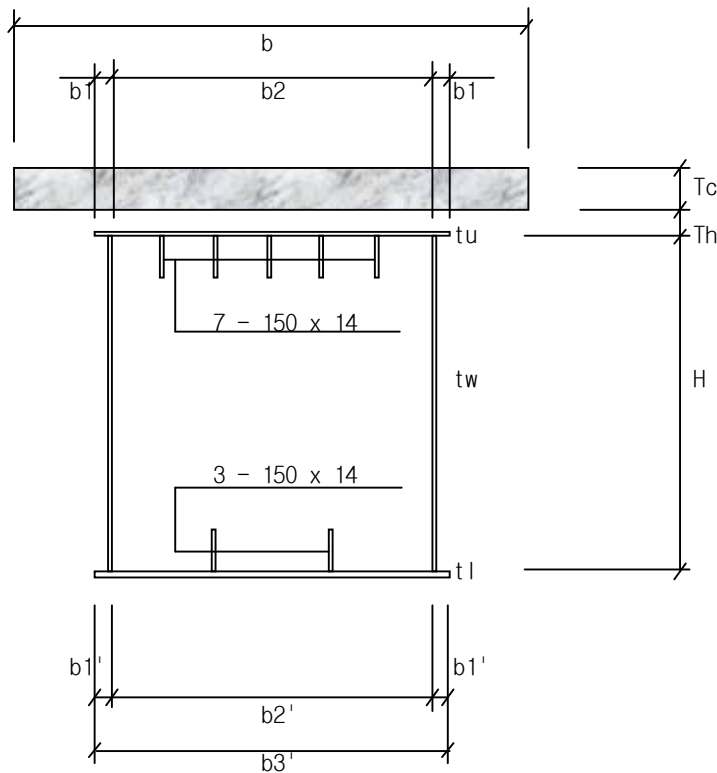
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 141000 + 1361125 / 8 = 311141 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2200.000 / 2 - 61.064 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1213.94 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1213.936 \times 141000 / 311141 = 550.12 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1213.936 - 550.121 = 663.82 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 125075006026 + 7089192708 / 8 + 141000 \times 663.815^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 550.121^2 = 239583074194 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 133962214400 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 554246141929 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 단면 < 2 >



b	=	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

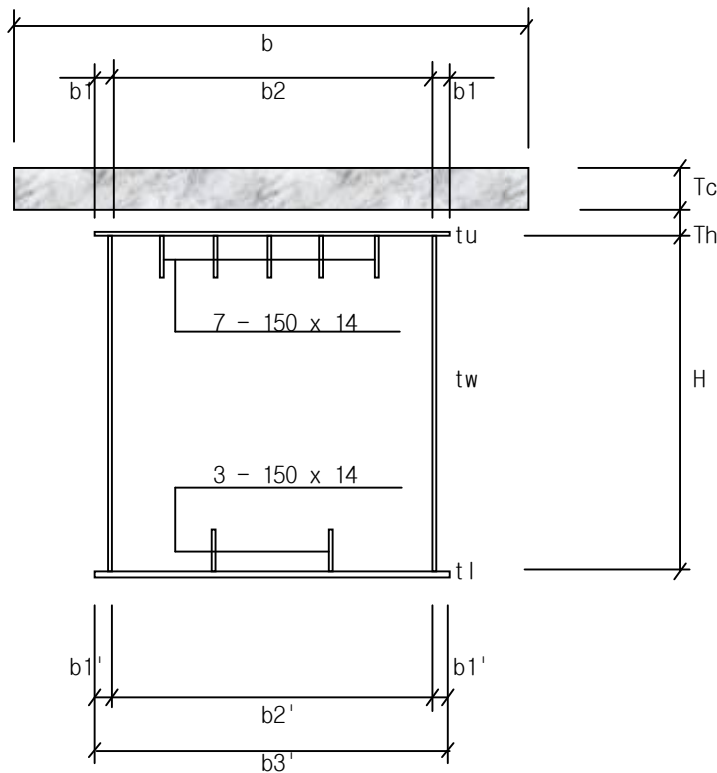
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 145800 + 1361125 / 8 = 315941 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c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

- 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)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 12.000 / 2 + 18.000 / 2 = 2415.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2612/12 + 2612/18) \\
&= 207979966678 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

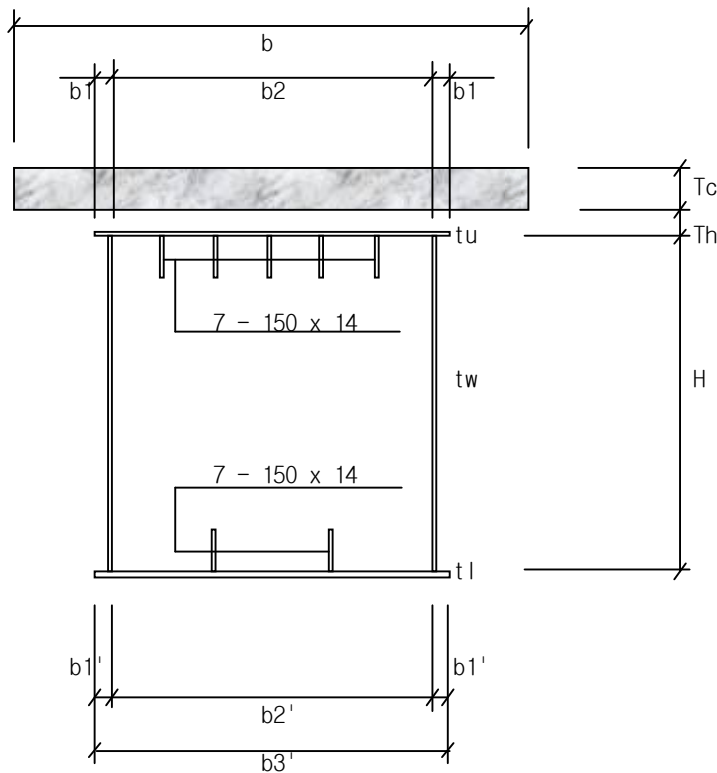
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 162600 + 1361125 / 8 = 332741 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 67.417 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1442.42 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1442.417 \times 162600 / 332741 = 704.86 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1442.417 - 704.864 = 737.55 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 176066011129 + 7089192708 / 8 + 162600 \times 737.55^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 704.864^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 153125324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 573409252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2612/43.25 + 2612/18) \\
&= 261778542559 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 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 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

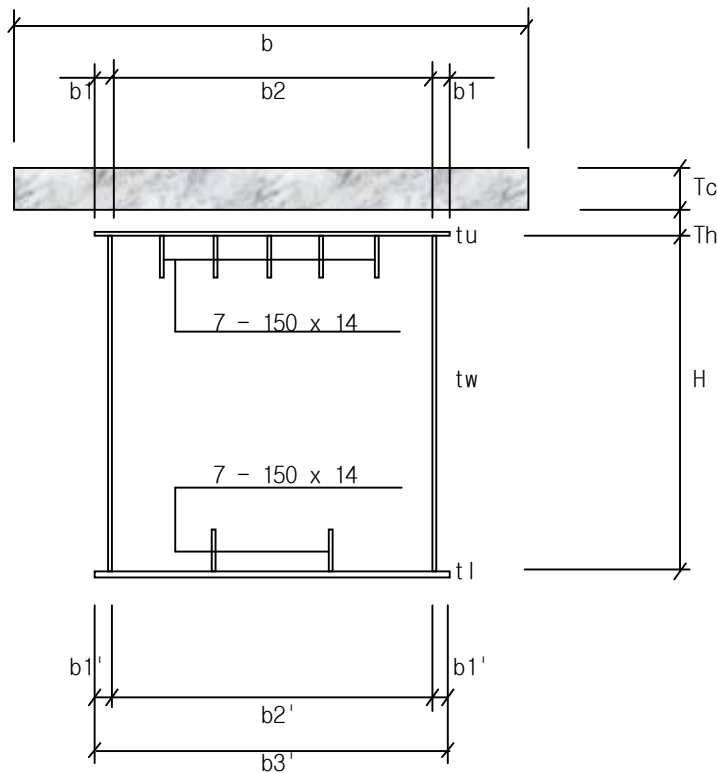
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 187800 + 1361125 / 8 = 357941 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c /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

- 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 < 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 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

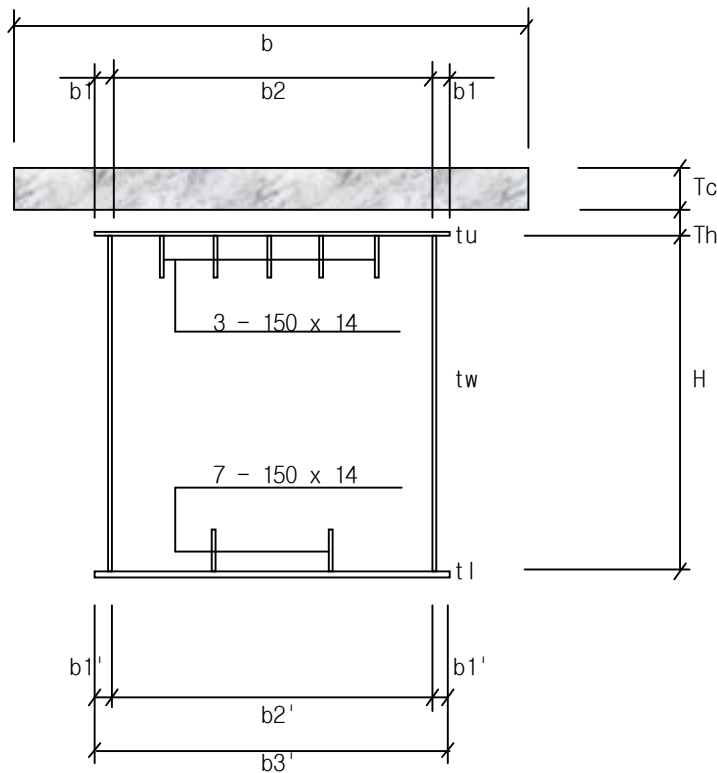
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 204600 + 1361125 / 8 = 374741 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c /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

- 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 < 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 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)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 30.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2427.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2427^2) / (2 \times 2427/12 + 2612/30 + 2612/24) \\
&= 267735035156 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

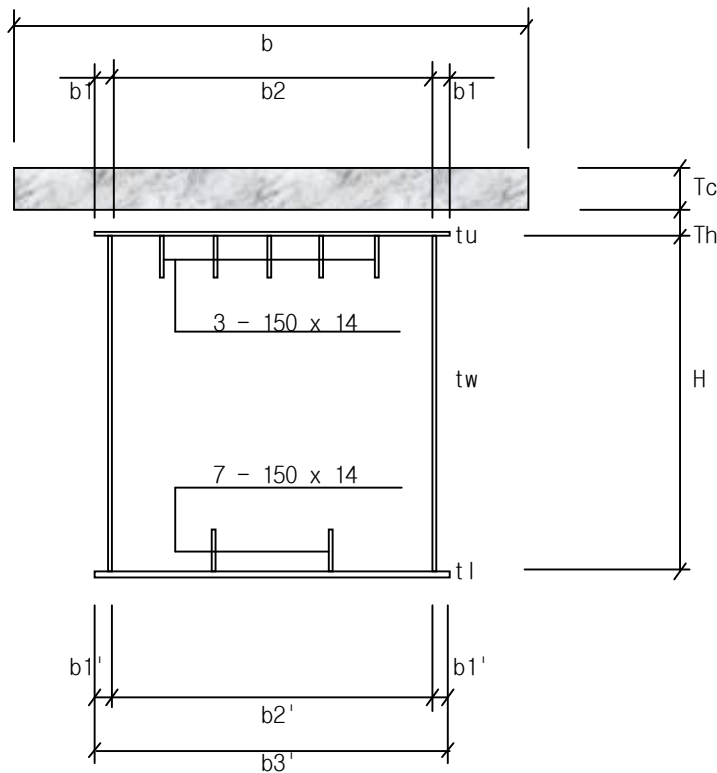
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 229800 + 1361125 / 8 = 399941 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 48.580 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1326.42 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1326.420 \times 229800 / 399941 = 762.14 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1326.420 - 762.142 = 564.28 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 276448638793 + 7089192708 / 8 + 229800 \times 564.279^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 762.142^2 = 449333379129 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 197029324800 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 617313252329 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2612^2 \times 2427^2) / (2 \times 2427/12 + 2612/61.25 + 2612/24) \\
&= 289126634930 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 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 32.0	89600	-1216.00	-108953600	132487577600	7645867
TOTAL		261800		-16343600	283068602600	32309320867

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

$$= 283068602600 + 32309320867 = 315377923467 \text{ mm}^4$$

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

$$= -16343600 / 261800 = -62.43 \text{ mm}$$

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

$$= 315377923467 - 261800 \times (-62.428)^2 = 314357628352 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2800^3 \times 30 / 12) + (2800^3 \times 32 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2600 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 228214097067 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= 2400.000 + 30.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2431.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2614^2 \times 2431^2) / (2 \times 2431/14 + 2614/30 + 2614/32) \\
&= 312969277063 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

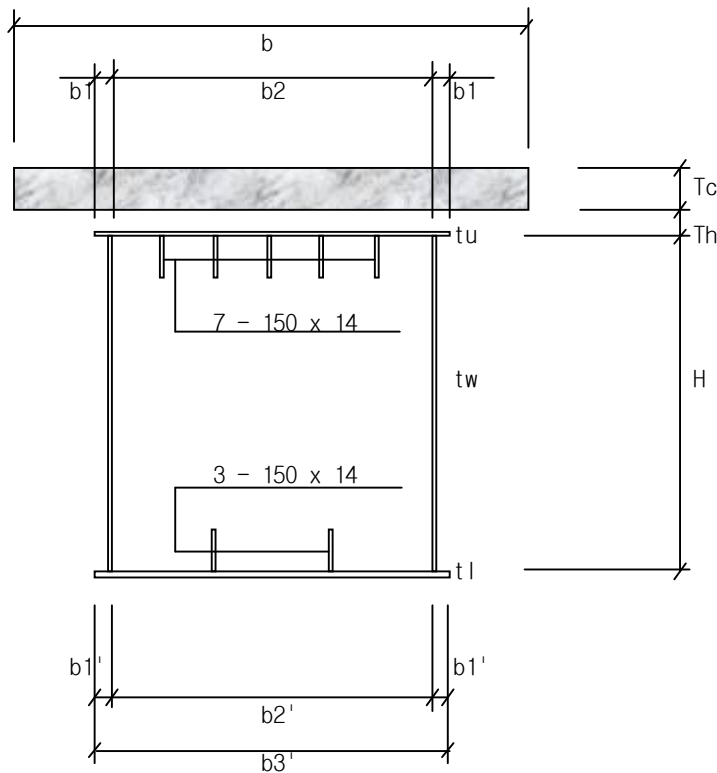
$$\begin{aligned}
Ac &= b \times Tc \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
Av &= \sum As + Ac/N \\
&= 261800 + 1361125 / 8 = 431941 \text{ mm}^2 \\
Ic &= b \times Tc^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 62.428 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1437.43 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum As / Av \\
&= 1437.428 \times 261800 / 431941 = 871.23 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1437.428 - 871.228 = 566.20 \text{ mm} \\
Iv33 &= I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2 \\
&= 314357628352 + 7089192708 / 8 + 261800 \times 566.200^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 871.228^2 = 528315441668 \text{ mm}^4 \\
Iv22 &= I22 + b^3 \times Tc / 12 / N \\
&= 228214097067 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 648498024596 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
tcu &= tu + Tc / N \\
&= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 \text{ mm} \\
K &= (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl) \\
&= (4 \times 2614^2 \times 2431^2) / (2 \times 2431/14 + 2614/61.25 + 2614/32) \\
&= 342468421505 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

◎ 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 12.0	33600	1206.00	40521600	48869049600	403200
UPPER RIB	7 - 150.0 X 14.0	14700	1125.00	16537500	18604687500	27562500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2800.0 X 16.0	44800	-1208.00	-54118400	65375027200	955733
TOTAL		157000		-4146800	140822201800	27688733933

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

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

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

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

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

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

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

$$= (2800^3 \times 12 / 12) + (2800^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2600 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 149466658133 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 ----- (도.설.해 P165)

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

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

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

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

② 합성후 단면

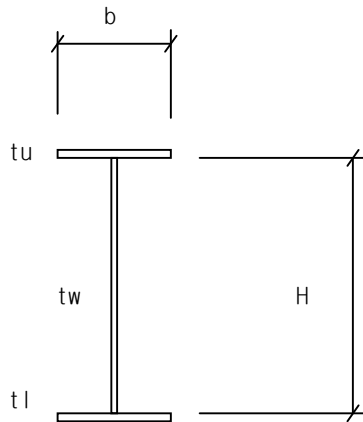
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5444.500 \times 250.000 = 1361125 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 157000 + 1361125 / 8 = 327141 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5444.500 \times 250.000^3 / 12 = 7089192708 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 26.413 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1401.41 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1401.413 \times 157000 / 327141 = 672.56 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1401.413 - 672.560 = 728.85 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 168401407388 + 7089192708 / 8 + 157000 \times 728.85^2 \\
&\quad + 1361125 / 8 \times 672.560^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 149466658133 + 5444.500^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 569750585662 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

◎ 가로보 - 1



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

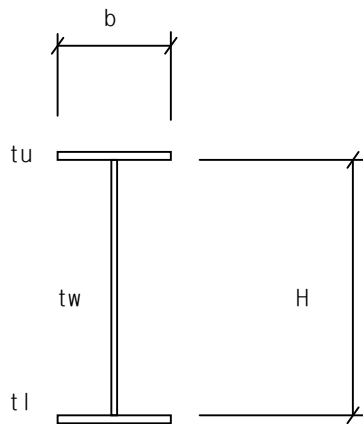
모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

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

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

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

◎ 세로보 - 1



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

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

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

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

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

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

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	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, l : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', l' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성
- 비틀림 강성

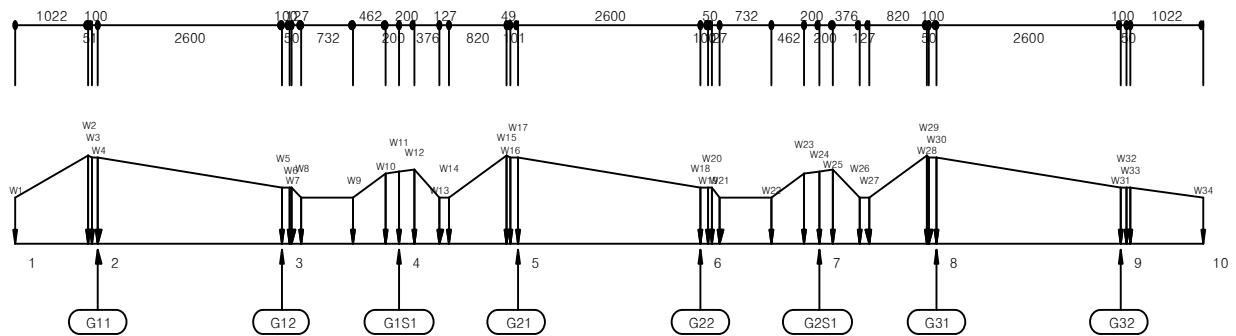
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

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

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

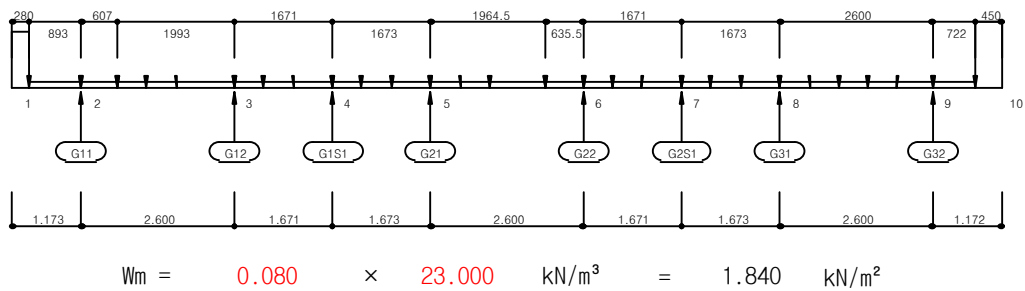


W1 =	0.250	×	25.000	kN/m ³	=	6.250	kN/m ²
W2 =	0.474	×	25.000	kN/m ³	=	11.850	kN/m ²
W3 =	0.471	×	25.000	kN/m ³	=	11.775	kN/m ²
W4 =	0.465	×	25.000	kN/m ³	=	11.625	kN/m ²
W5 =	0.309	×	25.000	kN/m ³	=	7.725	kN/m ²
W6 =	0.303	×	25.000	kN/m ³	=	7.575	kN/m ²
W7 =	0.300	×	25.000	kN/m ³	=	7.500	kN/m ²
W8 =	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

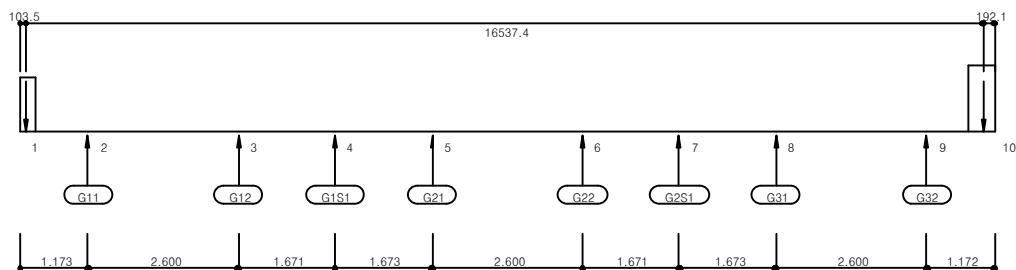
$$\begin{aligned}
W18 &= 0.309 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.725 \text{ kN/m}^2 \\
W19 &= 0.303 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.575 \text{ kN/m}^2 \\
W20 &= 0.300 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \\
W21 &= 0.250 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2 \\
W22 &= 0.250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

2) 합성후 고정하중

아스팔트



방호벽 자중



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

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

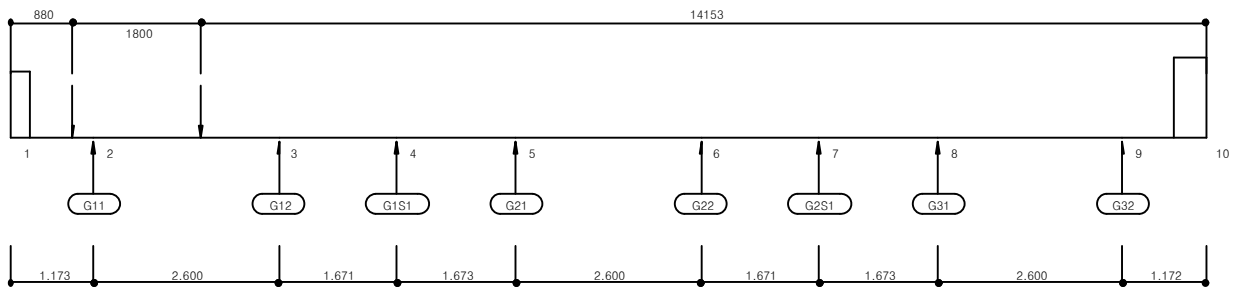
3) 활하중

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

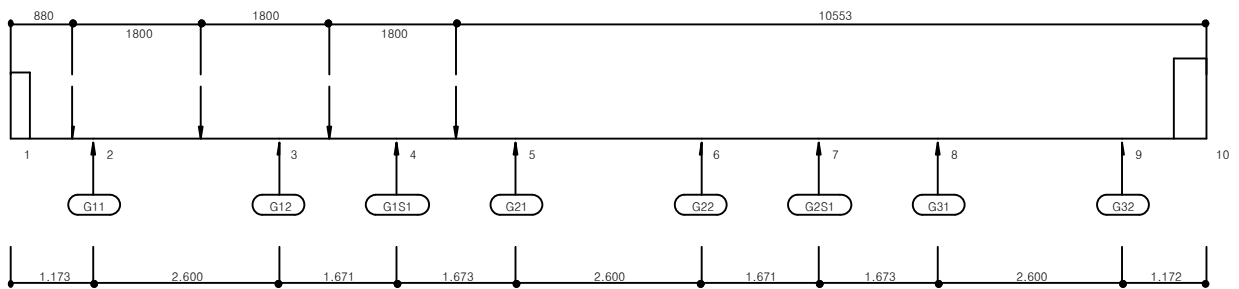
$$\therefore \text{설계 차로수 } N = 4 \quad (\text{도.설 2.1.3})$$

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

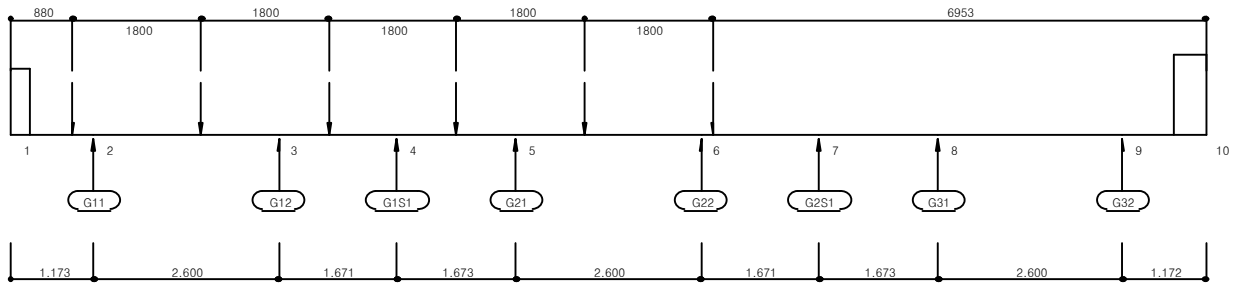
<G1 Max DB 1선>



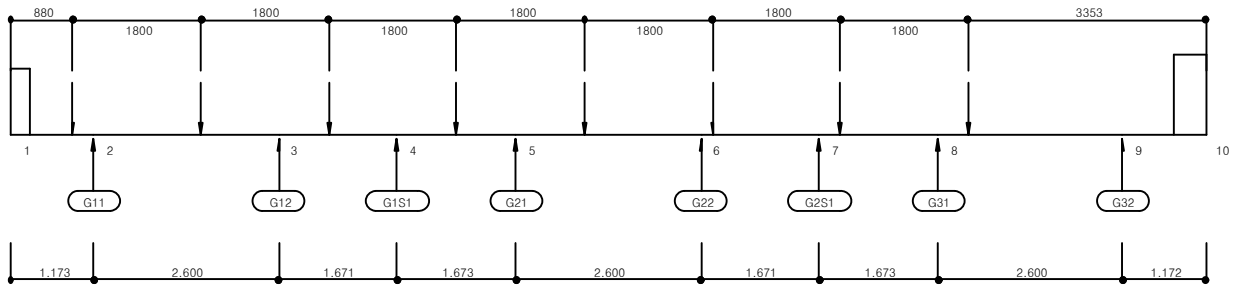
<G1 Max DB 2선>



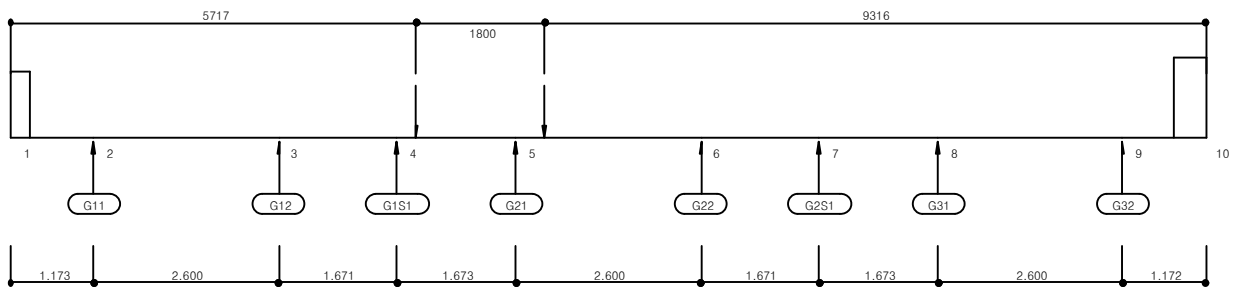
<G1 Max DB 3선>



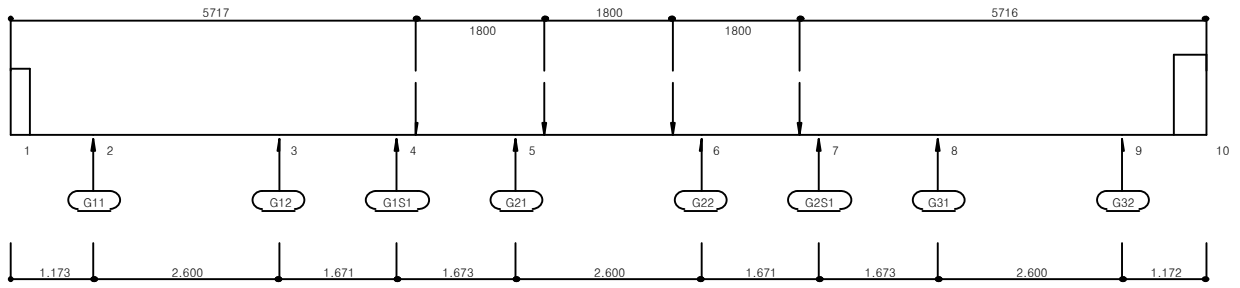
<G1 Max DB 4선>



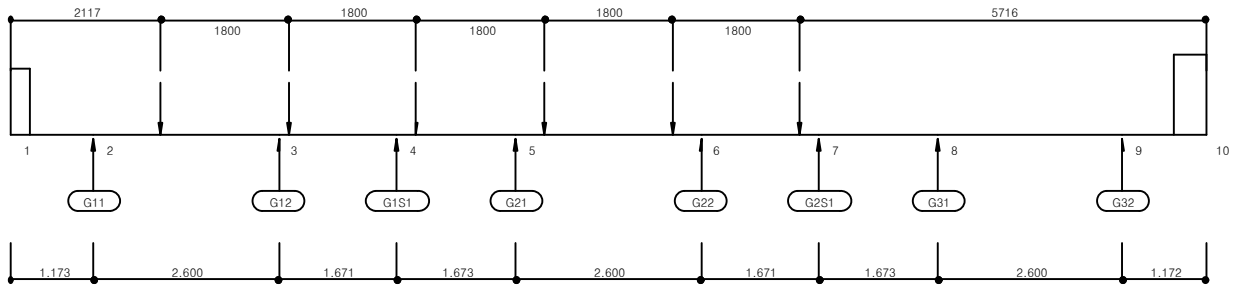
<G2 Max DB 1선>



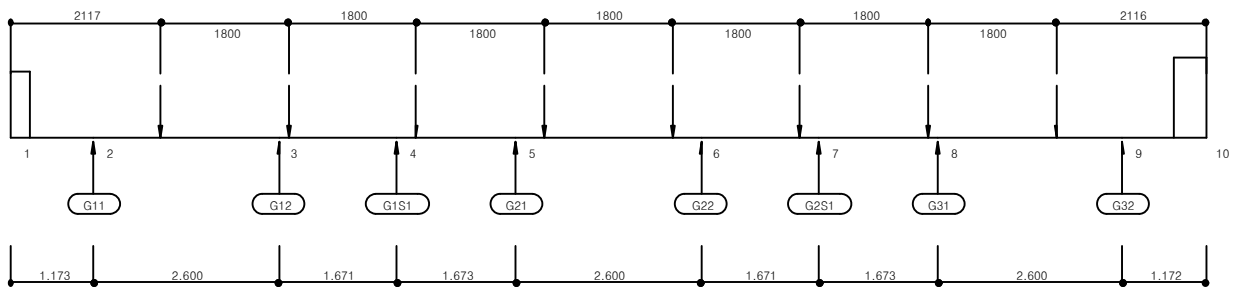
<G2 Max DB 2선>



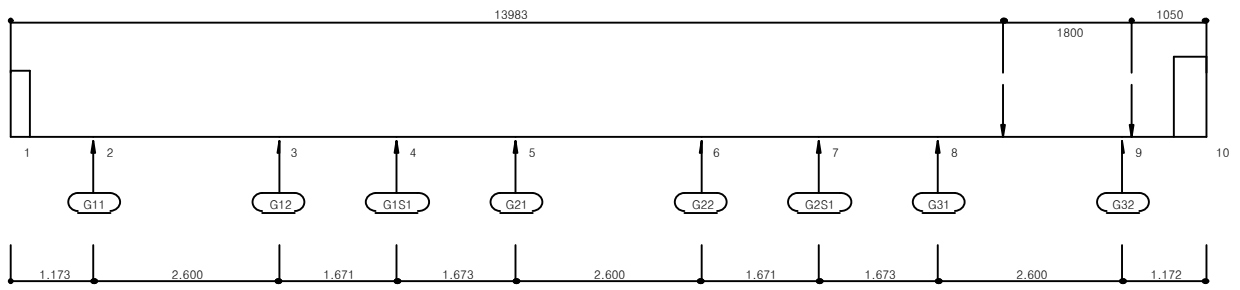
<G2 Max DB 3선>



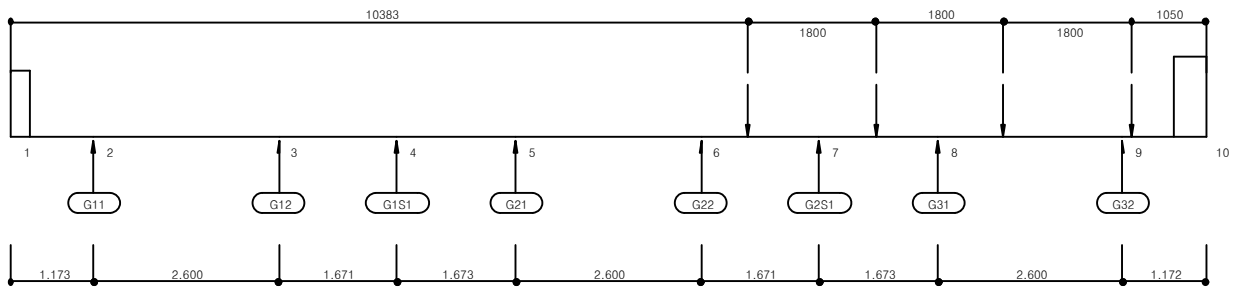
<G2 Max DB 4선>



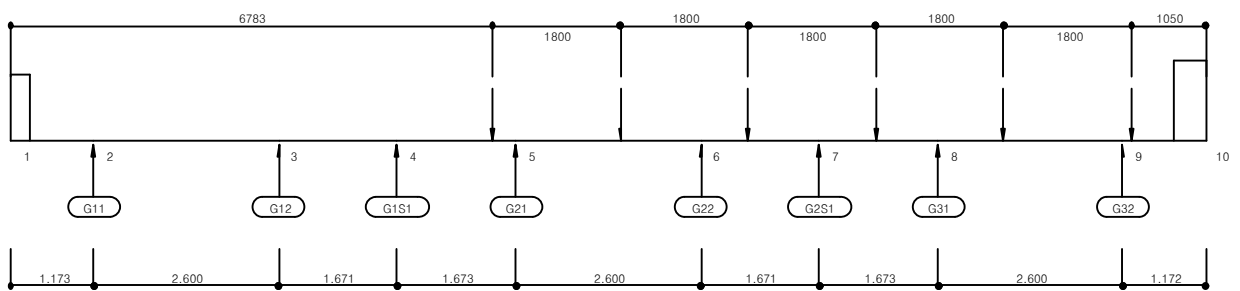
<G3 Max DB 1선>



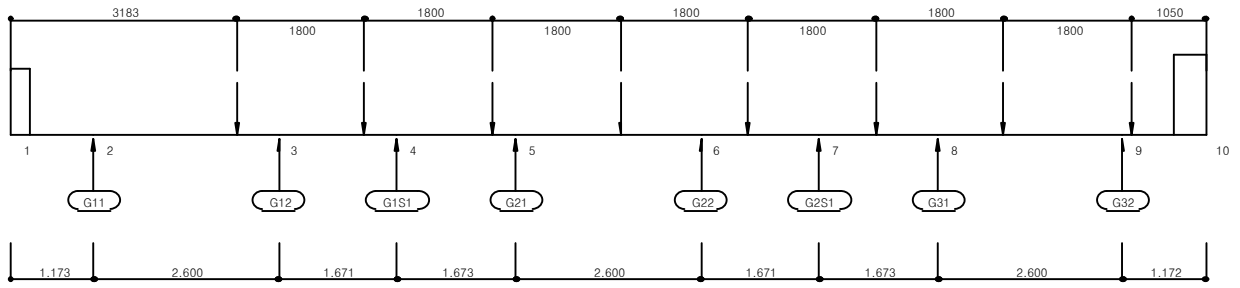
<G3 Max DB 2선>



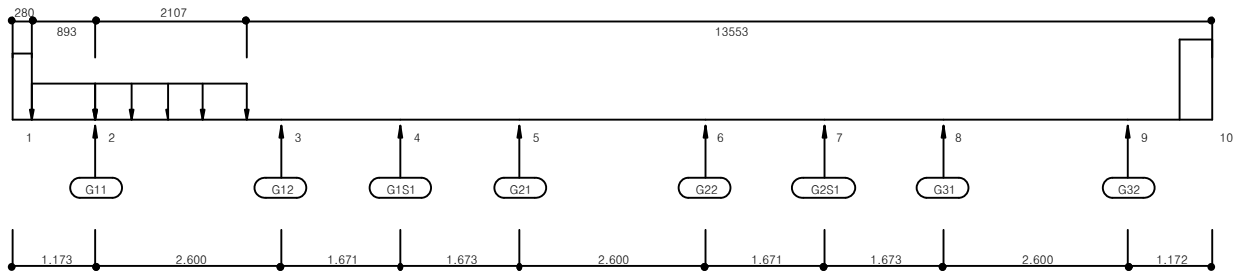
<G3 Max DB 3선>



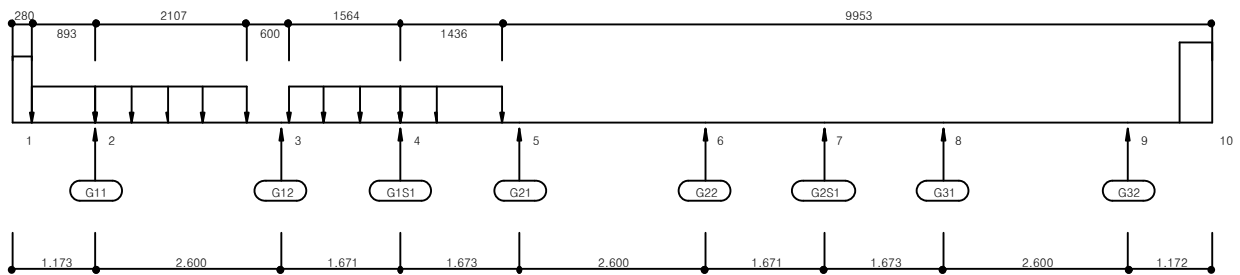
<G3 Max DB 4선>



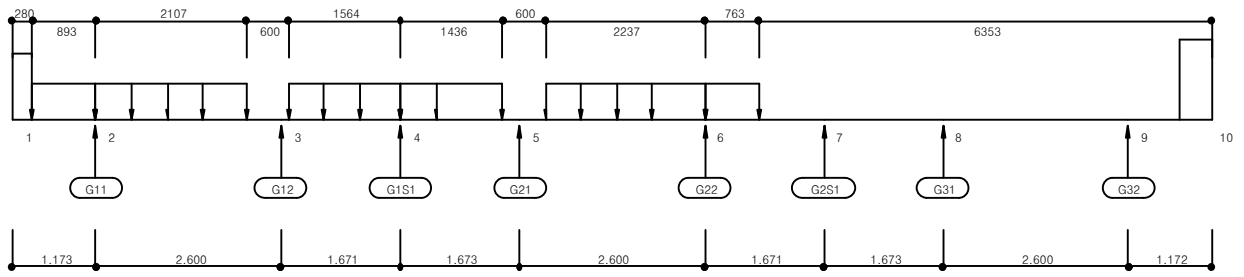
<G1 Max DL 1선>



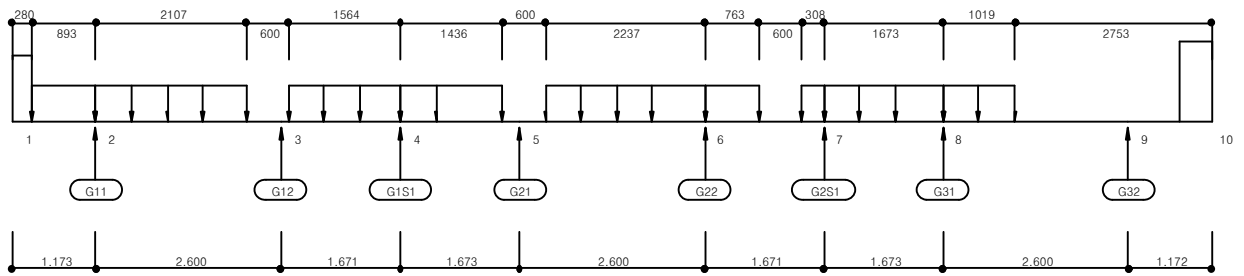
<G1 Max DL 2선>



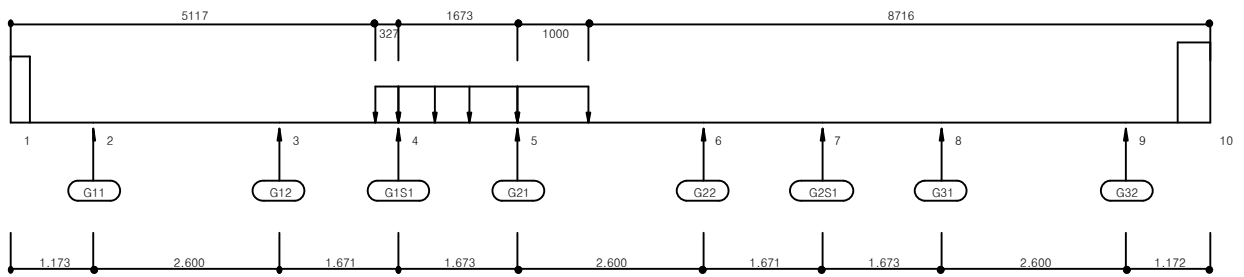
<G1 Max DL 3선>



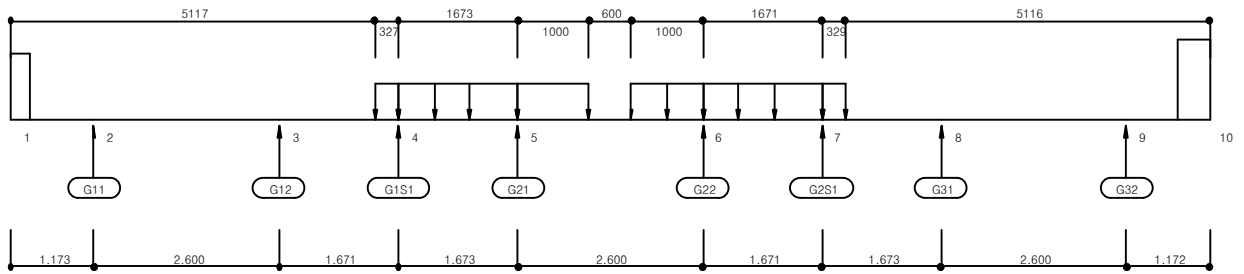
<G1 Max DL 4선>



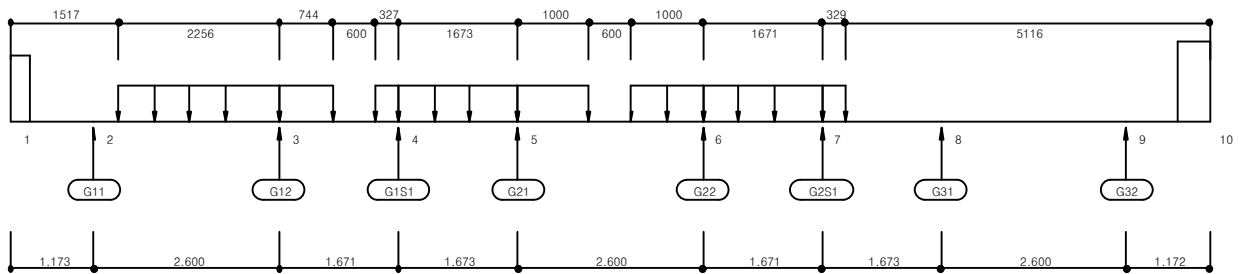
<G2 Max DL 1선>



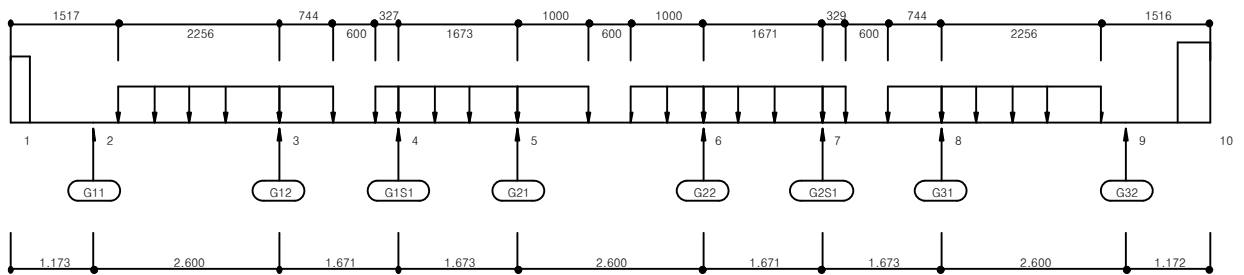
<G2 Max DL 2선>



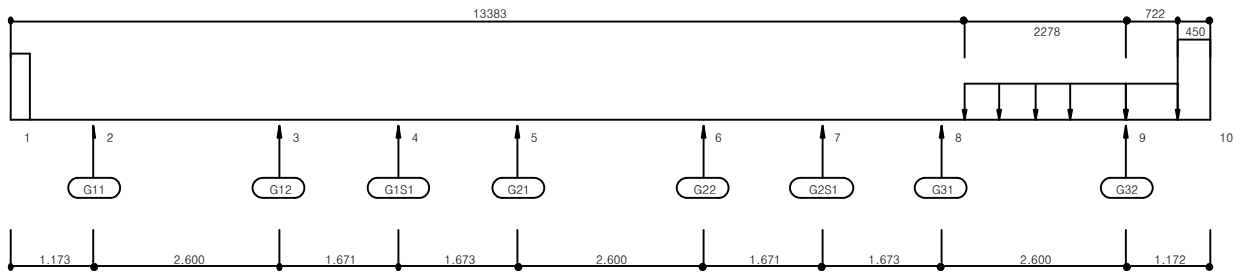
<G2 Max DL 3선>



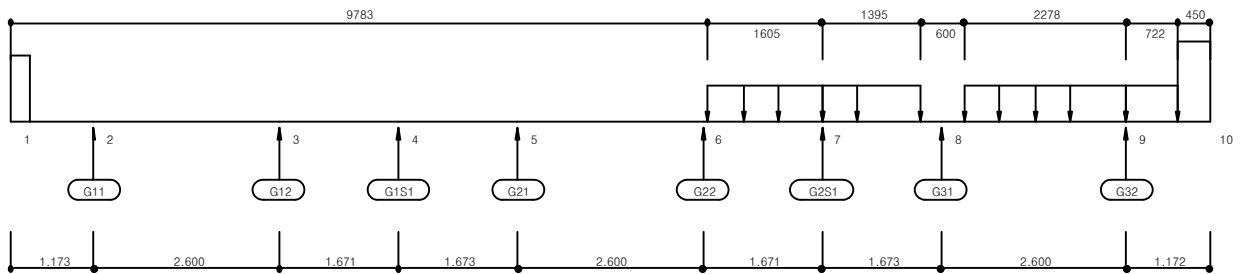
<G2 Max DL 4선>



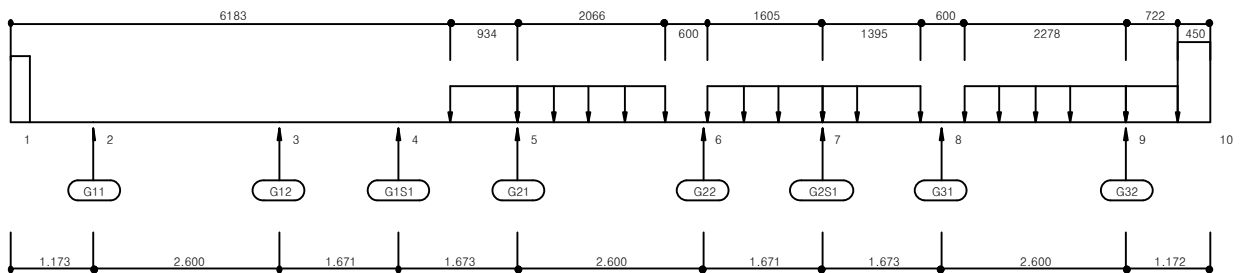
<G3 Max DL 1선>



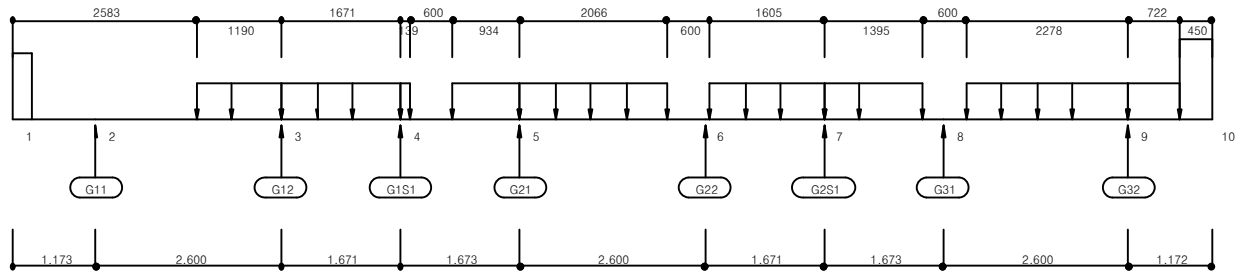
<G3 Max DL 2선>



<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)

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

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

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

◁ 제1 지간

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

◁ 제2 지간

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

◁ 제3 지간

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

◁ 제4 지간

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

◁ 제5 지간

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

◁ 제1 내부지점

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

◁ 제2 내부지점

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

◁ 제3 내부지점

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

◁ 제4 내부지점

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

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.164 를 적용함.

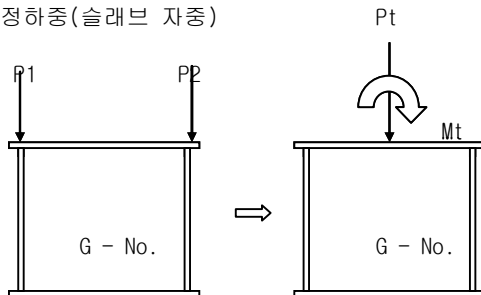
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 36.835 % 할증적용

$$\text{총강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 17519.616 \text{ kN} / 12803.427 \text{ kN} = 1.36835$$

- 단 면 - 1 : $0.141 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 15.146 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 2 : $0.146 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 15.661 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 3 : $0.163 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 17.466 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 4 : $0.188 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 20.173 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 5 : $0.205 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 21.977 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 6 : $0.230 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 24.684 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 7 : $0.262 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 28.121 \text{ kN/m}$
- 단 면 - 8 : $0.157 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 16.864 \text{ kN/m}$
- 가로보 - 1 : $0.021 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 2.256 \text{ kN/m}$
- 세로보 - 1 : $0.014 \text{ m}^2 \times 78.50 \text{ kN/m}^3 \times 1.36835 = 1.504 \text{ kN/m}$

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	24.133	23.951	8.791	8.599	kN/m
	P2	18.842	19.542	19.860			
	Pt	43.974	43.675	43.811	8.791	8.599	
	Mt	-8.177	-5.968	-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	4.138	-1.500	3.552	4.598	kN/m
	P2	1.037	3.848	16.049			
	Pt	11.584	7.986	14.549	3.552	4.598	
	Mt	-12.363	-0.377	22.814			kN · m/m

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

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	-0.216	0.004	kN/m
	P2	0.726	-0.010	0.000			
	Pt	2.172	0.041	-0.001	-0.216	0.004	
	Mt	-0.935	-0.078	0.001			kN · m/m
	e	-0.431	-1.927	-1.577			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.417	0.480	-0.006	0.932	0.028	kN/m
	P2	1.218	-0.069	0.001			
	Pt	2.635	0.411	-0.006	0.932	0.028	
	Mt	-0.259	-0.713	0.009			kN · m/m
	e	-0.098	-1.737	-1.572			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	0.086	-0.014			kN · m/m
	e	-0.070	0.033	-1.573			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	2.681	2.614	1.297	0.702	0.707	
	Mt	-0.186	0.018	-1.511			kN · m/m
	e	-0.070	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	-0.043	0.136	-0.001			
	Pt	-0.039	1.302	0.011	0.780	-0.053	
	Mt	-0.061	-1.339	-0.017			kN · m/m
	e	1.573	-1.029	-1.575			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	-0.058	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	2.662	2.095	0.574	0.574	
	Mt	1.367	-0.001	-1.367			kN · m/m
	e	0.652	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	1.573	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	1.317	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	1.563	-0.010	-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	-0.333	0.006	kN/m
	P2	1.100	-0.015	0.000			
	Pt	3.265	0.062	-0.001	-0.333	0.006	
	Mt	-1.384	-0.120	0.002			kN · m/m
	e	-0.424	-1.927	-1.579			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	2.136	0.596	-0.006	1.592	0.029	kN/m
	P2	1.725	-0.072	0.001			
	Pt	3.860	0.524	-0.006	1.592	0.029	
	Mt	-0.535	-0.868	0.009			kN · m/m
	e	-0.139	-1.656	-1.573			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	-0.429	0.464	-0.051			kN · m/m
	e	-0.109	0.118	-1.574			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	2.129	1.798	1.933	1.251	0.933	kN/m
	P2	1.800	2.083	0.074			
	Pt	3.929	3.881	2.007	1.251	0.933	
	Mt	-0.428	0.371	-2.417			kN · m/m
	e	-0.109	0.096	-1.204			편심(e)=Mt/PT

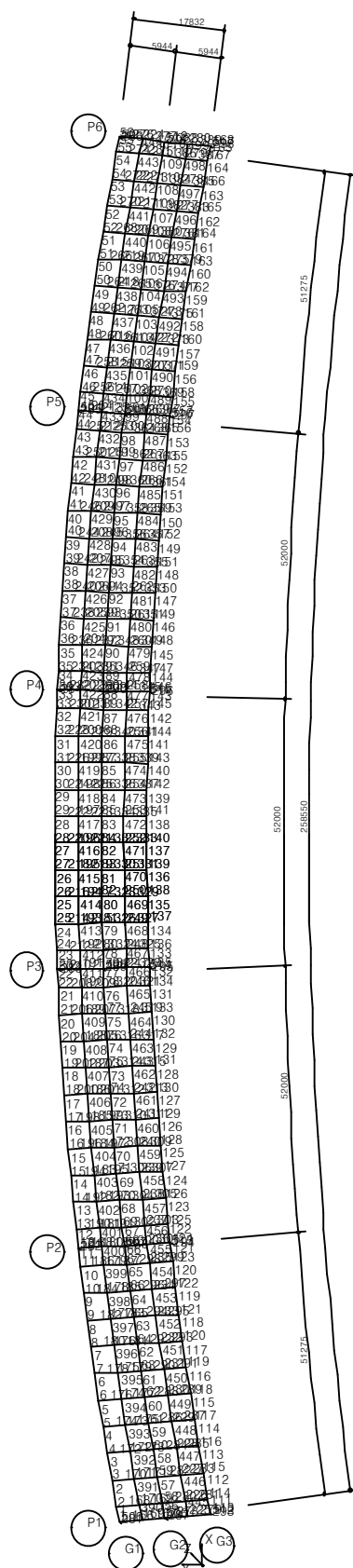
< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

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	-0.053	1.977	0.010	1.116	-0.051	
	Mt	-0.083	-2.204	-0.016			kN · m/m
	e	1.577	-1.115	-1.573			편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.005	1.978	-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	-0.067	-0.002	0.066			kN · m/m
	e	1.577	0.000	-1.578			편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.761	2.051	-0.047	0.769	1.071	kN/m
	P2	2.430	1.962	0.005			
	Pt	3.191	4.013	-0.043	0.769	1.071	
	Mt	2.170	-0.115	0.068			kN · m/m
	e	0.680	-0.029	-1.578			편심(e)=Mt/PT
4 차선 재하시	P1	0.761	2.036	2.429	0.774	0.775	kN/m
	P2	2.429	2.035	0.761			
	Pt	3.189	4.072	3.190	0.774	0.775	
	Mt	2.168	-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	1.570	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	1.573	-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	2.082	1.796	1.906			
	Pt	2.209	3.919	3.825	0.840	1.206	
	Mt	2.542	-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, 56, 57, 112, 113, 168				
단면 - 2	합성전	145800.0	151391905600	142149324800	189610578443	
	합성후	315940.6	287058052074	562433252329	233460754432	
	절점번호	2, 3, 54, 55, 58, 59, 110, 111, 114, 115, 166, 167				
단면 - 3	합성전	162600.0	176066011129	153125324800	207979966678	
	합성후	332740.6	349935543105	573409252329	261778542559	
	절점번호	4, 5, 6, 7, 8, 49, 50, 51, 52, 53, 60, 61, 62, 63, 64, 105, 106, 107, 108, 109, 116, 117, 118, 119, 120, 161, 162, 163, 164, 165				
단면 - 4	합성전	187800.0	212252666400	164101324800	230168799944	
	합성후	357940.6	381909890229	584385252329	265422968834	
	절점번호	9, 15, 20, 26, 31, 37, 42, 48, 65, 71, 76, 82, 87, 93, 98, 104, 121, 127, 132, 138, 143, 149, 154, 160				
단면 - 5	합성전	204600.0	235242271974	175077324800	243297056991	
	합성후	374740.6	387076441747	595361252329	268430530930	
	절점번호	10, 14, 21, 25, 32, 36, 43, 47, 66, 70, 77, 81, 88, 92, 99, 103, 122, 126, 133, 137, 144, 148, 155, 159				
단면 - 6	합성전	229800.0	276448638793	197029324800	267735035156	
	합성후	399940.6	449333379129	617313252329	289126634930	
	절점번호	11, 13, 22, 24, 33, 35, 44, 46, 67, 69, 78, 80, 89, 91, 100, 102, 123, 125, 134, 136, 145, 147, 156, 158				
단면 - 7	합성전	261800.0	314357628352	228214097067	312969277063	
	합성후	431940.6	528315441668	648498024596	342468421505	
	절점번호	12, 23, 34, 45, 68, 79, 90, 101, 124, 135, 146, 157				
단면 - 8	합성전	157000.0	168401407388	149466658133	203039466916	
	합성후	327140.6	329650979917	569750585662	254052170729	
	절점번호	16, 17, 18, 19, 27, 28, 29, 30, 38, 39, 40, 41, 72, 73, 74, 75, 83, 84, 85, 86, 94, 95, 96, 97, 128, 129, 130, 131, 139, 140, 141, 142, 150, 151, 152, 153				

다. 하중 재하

1) CASE 1 : 합성전 고정하중

- ㉠ STEEL 자중
- ㉡ 바닥판 자중

2) CASE 2 : 합성후 고정하중

- 합성후 단면에 대하여 GIRDER별 하중 재하 (부속설비 하중포함)

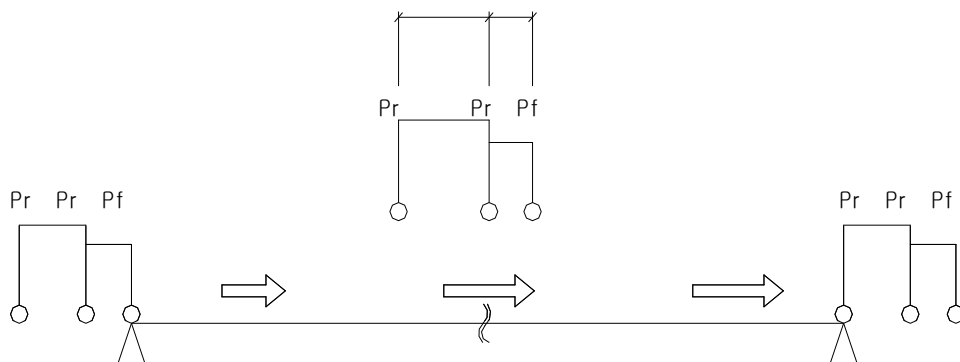
3) CASE 3 : 활하중

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

㉠ DB-24 하중

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

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

4.4 라. 부재력 집계

< BENDING MOMENT >

< Girder 1 >

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	
1	1	-6.168	-18.111	-3.738	14.919	-18.419	1.390	-1.390	-11.708	-47.826	P1
	2	964.696	2477.086	841.772	1657.104	-168.442	77.068	-77.068	6017.726	4038.043	
2	2	964.313	2476.549	841.942	1657.273	-168.462	76.972	-76.972	6017.049	4037.371	
	3	2372.579	5995.855	1987.512	3558.049	-445.994	218.664	-218.664	14132.659	9691.288	
3	3	2372.339	5995.738	1987.759	3559.104	-446.131	218.583	-218.583	14133.523	9691.122	
	4	3317.770	8272.124	2732.795	4738.855	-725.075	360.071	-360.071	19421.615	13237.542	
4	4	3317.626	8272.112	2732.956	4740.275	-725.215	359.987	-359.987	19422.956	13237.491	
	5	3766.175	9309.315	3087.030	5409.462	-1005.699	501.042	-501.042	22073.024	14655.779	
5	5	3766.110	9309.323	3087.113	5410.235	-1005.819	500.956	-500.956	22073.737	14655.771	
	6	3714.904	9121.460	3046.134	5585.388	-1290.792	641.642	-641.642	22109.528	13950.064	
6	6	3714.909	9121.471	3046.151	5585.474	-1290.341	641.555	-641.555	22109.560	13950.635	
	7	3164.818	7709.463	2608.291	5294.657	-1583.972	781.414	-781.414	19558.643	11117.186	
7	7	3164.897	7709.494	2608.277	5293.966	-1583.993	781.328	-781.328	19557.962	11117.347	
	8	2115.029	5067.164	1778.749	4536.416	-1892.872	919.736	-919.736	14417.094	6148.334	
8	8	2115.186	5067.249	1778.669	4535.039	-1892.790	919.654	-919.654	14415.797	6148.660	
	9	553.392	1185.201	564.423	3289.989	-2225.840	1055.432	-1055.432	6648.437	-978.256	
9	9	553.615	1185.349	564.226	3288.232	-2225.629	1055.362	-1055.362	6646.785	-977.800	
	10	-1569.591	-3946.240	-1041.065	1924.578	-3148.252	1185.731	-1185.731	-3446.587	-10890.879	
10	10	-1569.338	-3946.022	-1041.331	1923.766	-3149.165	1185.683	-1185.683	-3447.242	-10891.539	
	11	-4283.937	-10307.071	-3082.139	1081.384	-5535.736	1307.714	-1307.714	-15284.049	-24516.597	
11	11	-4283.720	-10306.858	-3082.354	1080.996	-5536.388	1307.699	-1307.699	-15284.237	-24517.019	
	12	-6543.433	-15444.761	-4830.936	912.716	-7998.135	1385.025	-1385.025	-24521.389	-36202.290	P2
12	12	-6538.113	-15436.922	-4828.882	905.158	-7992.028	1385.957	-1385.957	-24512.802	-36181.902	P2
	13	-4570.088	-10999.529	-3315.073	959.042	-5596.487	1188.150	-1188.150	-16737.498	-25669.327	
13	13	-4570.260	-10999.700	-3314.760	959.023	-5596.029	1188.185	-1188.185	-16737.512	-25668.934	
	14	-2273.513	-5645.041	-1608.799	2074.800	-3370.143	893.677	-893.677	-6558.876	-13791.173	
14	14	-2273.756	-5645.277	-1608.407	2075.610	-3369.423	893.736	-893.736	-6558.094	-13790.599	
	15	-568.506	-1522.467	-336.581	3225.078	-2598.871	644.183	-590.829	1441.707	-5617.254	
15	15	-568.694	-1522.634	-336.337	3225.860	-2599.157	644.257	-590.909	1442.453	-5617.731	
	16	577.609	1349.138	546.573	3972.039	-2487.383	453.782	-283.131	6899.142	-297.193	
16	16	577.485	1349.062	546.716	3972.827	-2487.577	453.872	-283.226	6899.962	-297.540	
	17	1223.179	2977.274	1049.032	4445.586	-2405.231	261.206	-274.339	9956.277	2569.915	
17	17	1223.144	2977.279	1049.077	4445.985	-2405.283	261.302	-274.334	9956.787	2569.883	
	18	1383.504	3371.550	1167.360	4499.448	-2345.169	381.474	-385.763	10803.336	3191.482	
18	18	1383.550	3371.609	1167.315	4499.179	-2345.113	381.387	-385.759	10803.040	3191.602	
	19	1058.511	2532.085	900.912	4063.865	-2306.178	646.859	-646.859	9202.232	1538.470	
19	19	1058.636	2532.205	900.766	4063.081	-2306.021	646.761	-646.761	9201.449	1538.825	
	20	233.848	452.328	252.193	3130.897	-2308.298	954.257	-954.257	5023.524	-2324.185	
20	20	234.056	452.535	251.917	3130.036	-2308.007	954.168	-954.168	5022.712	-2323.668	
	21	-1149.910	-2876.246	-789.043	2171.233	-3069.882	1256.305	-1256.305	-1387.661	-9141.386	
21	21	-1149.680	-2875.999	-789.387	2171.112	-3070.657	1256.236	-1256.236	-1387.718	-9141.959	
	22	-3124.800	-7430.639	-2268.890	1680.354	-5230.952	1549.730	-1549.730	-9594.245	-19605.011	
22	22	-3124.626	-7430.470	-2269.198	1680.357	-5231.550	1549.685	-1549.685	-9594.252	-19605.529	
	23	-4867.172	-11301.621	-3627.552	1799.104	-7537.541	1746.999	-1746.999	-16250.242	-29080.885	P3
23	23	-4866.685	-11301.641	-3627.546	1798.636	-7537.583	1746.862	-1746.862	-16250.374	-29080.317	P3
	24	-3012.931	-7156.880	-2185.958	1721.833	-5193.000	1525.208	-1525.208	-9108.728	-19073.977	
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	-3013.087	-7157.007	-2185.684	1721.969	-5192.550	1525.245	-1525.245	-9108.564	-19073.573	
	25	-877.861	-2208.859	-586.691	2247.025	-2981.868	1196.762	-1196.762	-229.624	-7852.041	
25	25	-878.079	-2209.050	-586.336	2247.301	-2981.170	1196.826	-1196.826	-229.338	-7851.461	
	26	665.976	1513.060	573.871	3245.191	-2145.123	859.724	-859.724	6857.822	-251.940	
26	26	665.787	1512.916	574.142	3246.461	-2145.367	859.808	-859.808	6859.114	-252.329	
	27	1650.763	3986.310	1341.862	4240.696	-2098.627	576.784	-517.397	11796.415	4362.911	
27	27	1650.643	3986.230	1342.007	4241.539	-2098.750	576.877	-517.493	11797.296	4362.637	
	28	2136.297	5220.395	1727.394	4729.678	-2078.067	356.588	-352.842	14170.352	6653.177	
28	28	2136.256	5220.371	1727.433	4729.942	-2078.080	356.687	-352.844	14170.689	6653.136	
	29	2136.388	5220.613	1727.495	4729.368	-2077.724	356.717	-352.644	14170.581	6654.128	
29	29	2136.430	5220.649	1727.457	4728.930	-2077.630	356.620	-352.642	14170.086	6654.264	
	30	1651.061	3987.011	1342.206	4239.102	-2097.376	576.819	-517.017	11796.199	4365.885	
30	30	1651.183	3987.105	1342.062	4238.093	-2097.173	576.728	-516.921	11795.171	4366.256	
	31	666.570	1514.404	574.520	3241.306	-2142.488	858.993	-858.993	6855.793	-245.987	
31	31	666.761	1514.563	574.250	3239.878	-2142.147	858.910	-858.910	6854.362	-245.483	
	32	-876.723	-2206.385	-585.682	2244.280	-2978.862	1195.341	-1195.341	-229.169	-7842.993	
32	32	-876.503	-2206.181	-586.036	2244.021	-2979.596	1195.278	-1195.278	-229.421	-7843.594	
	33	-3010.735	-7152.187	-2184.594	1723.555	-5195.280	1522.579	-1522.579	-9101.382	-19065.375	
33	33	-3010.576	-7152.044	-2184.868	1723.463	-5195.791	1522.543	-1522.543	-9101.482	-19065.822	
	34	-4863.302	-11294.521	-3626.082	1804.938	-7544.153	1743.015	-1743.015	-16235.952	-29071.073	P4
34	34	-4868.861	-11305.341	-3628.297	1798.815	-7538.966	1751.212	-1751.212	-16252.472	-29092.677	P4
	35	-3125.719	-7432.855	-2269.666	1677.313	-5230.948	1552.637	-1552.637	-9598.290	-19611.825	
35	35	-3125.891	-7433.008	-2269.358	1677.376	-5230.413	1552.682	-1552.682	-9598.199	-19611.352	
	36	-1150.310	-2877.336	-789.677	2165.393	-3066.410	1257.942	-1257.942	-1393.988	-9141.675	
36	36	-1150.537	-2877.568	-789.332	2165.601	-3065.714	1258.011	-1258.011	-1393.825	-9141.162	
	37	233.602	451.598	251.679	3125.467	-2305.291	955.155	-955.155	5017.502	-2323.566	
37	37	233.397	451.408	251.957	3126.407	-2305.629	955.243	-955.243	5018.413	-2324.110	
	38	1058.217	2531.365	900.527	4060.390	-2304.850	647.363	-647.363	9197.862	1537.896	
38	38	1058.095	2531.260	900.673	4061.322	-2305.065	647.460	-647.460	9198.810	1537.503	
	39	1383.107	3370.741	1167.063	4498.102	-2344.811	381.722	-385.698	10800.735	3190.402	
39	39	1383.061	3370.693	1167.107	4498.517	-2344.925	381.820	-385.701	10801.198	3190.235	
	40	1222.655	2976.347	1048.812	4445.698	-2405.464	261.102	-274.359	9954.614	2567.991	
40	40	1222.688	2976.346	1048.766	4445.445	-2405.470	261.003	-274.363	9954.248	2567.967	
	41	576.932	1348.036	546.439	3973.756	-2488.157	453.755	-283.015	6898.917	-299.766	
41	41	577.049	1348.106	546.294	3973.033	-2488.021	453.661	-282.918	6898.143	-299.490	
	42	-569.339	-1523.768	-336.624	3227.025	-2600.127	644.258	-590.786	1441.552	-5620.644	
42	42	-569.161	-1523.615	-336.872	3226.295	-2599.886	644.178	-590.702	1440.825	-5620.236	
	43	-2274.467	-5646.295	-1608.652	2076.271	-3369.049	893.799	-893.799	-6559.344	-13792.262	
43	43	-2274.241	-5646.091	-1609.052	2075.507	-3369.721	893.732	-893.732	-6560.145	-13792.837	
	44	-4570.516	-10998.925	-3314.607	954.712	-5591.244	1188.872	-1188.872	-16740.464	-25664.164	
44	44	-4570.368	-10998.803	-3314.933	954.680	-5591.647	1188.826	-1188.826	-16740.598	-25664.577	
	45	-6536.881	-15431.595	-4827.740	898.007	-7981.362	1387.835	-1387.835	-24510.374	-36165.413	P5
45	45	-6537.517	-15431.828	-4827.942	898.547	-7980.938	1387.934	-1387.934	-24510.806	-36166.159	P5
	46	-4280.980	-10301.296	-3080.947	1075.372	-5528.358	1309.067	-1309.067	-15278.784	-24500.648	
46	46	-4281.177	-10301.447	-3080.719	1075.601	-5527.517	1309.097	-1309.097	-15278.645	-24499.957	
	47	-1568.464	-3944.599	-1040.880	1924.940	-3146.962	1186.118	-1186.118	-3442.885	-10887.023	
47	47	-1568.707	-3944.782	-1040.607	1925.768	-3145.907	1186.173	-1186.173	-3442.155	-10886.176	
	48	553.914	1185.576	564.330	3288.075	-2225.629	1055.451	-1055.451	6647.346	-977.260	
48	48	553.693	1185.446	564.530	3289.729	-2225.792	1055.525	-1055.525	6648.923	-977.648	
	49	2115.259	5067.016	1778.607	4535.417	-1893.686	919.580	-919.580	14415.879	6147.616	

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	2115.100	5066.937	1778.688	4536.693	-1893.724	919.663	-919.663	14417.081	6147.338	
	50	3164.816	7708.933	2608.100	5294.941	-1585.669	781.149	-781.149	19557.939	11115.031	
50	50	3164.730	7708.896	2608.112	5295.541	-1585.610	781.235	-781.235	19558.514	11114.893	
	51	3714.694	9120.610	3045.888	5587.838	-1293.012	641.297	-641.297	22110.327	13946.883	
51	51	3714.678	9120.585	3045.868	5587.656	-1292.894	641.382	-641.382	22110.169	13946.855	
	52	3765.752	9308.122	3086.782	5412.910	-1008.746	500.647	-500.647	22074.213	14651.263	
52	52	3765.807	9308.103	3086.713	5412.031	-1008.605	500.729	-500.729	22073.383	14651.289	
	53	3317.017	8270.319	2732.517	4743.136	-729.232	359.554	-359.554	19422.543	13231.067	
53	53	3317.143	8270.298	2732.348	4741.631	-729.071	359.633	-359.633	19421.053	13231.085	
	54	2371.430	5993.238	1987.211	3558.396	-452.466	217.996	-217.996	14128.271	9681.417	
54	54	2371.650	5993.316	1986.955	3557.331	-452.333	218.070	-218.070	14127.322	9681.518	
	55	963.194	2473.663	841.377	1656.605	-176.641	76.243	-76.243	6011.082	4025.349	
55	55	963.557	2474.150	841.177	1656.418	-176.583	76.333	-76.333	6011.635	4025.969	
	56	-6.863	-19.735	-4.041	13.590	-16.252	1.901	-2.662	-15.148	-49.553	P6

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	2.917	9.410	1.817	12.488	-11.557	0.511	-0.511	27.143	2.077	P1
	58	1016.174	2540.523	746.210	1575.563	-164.936	80.851	-80.851	5959.322	4057.120	
57	58	1015.438	2539.162	745.365	1576.892	-164.798	80.603	-80.603	5957.460	4054.563	
	59	2390.854	5962.482	1971.390	3186.673	-444.389	222.432	-222.432	13733.831	9657.905	
58	59	2390.380	5961.814	1970.577	3186.384	-444.364	222.214	-222.214	13731.369	9656.193	
	60	3311.589	8179.412	2811.976	4343.137	-725.737	364.673	-364.673	19010.787	13212.567	
59	60	3311.241	8178.905	2811.442	4343.084	-725.746	364.462	-364.462	19009.134	13211.380	
	61	3751.364	9198.599	3218.282	5024.806	-1009.412	507.244	-507.244	21700.295	14651.589	
60	61	3751.178	9198.313	3218.008	5025.247	-1009.440	507.041	-507.041	21699.787	14651.018	
	62	3700.448	9014.910	3185.860	5235.798	-1292.635	650.000	-650.000	21787.016	13958.583	
61	62	3700.421	9014.831	3185.882	5235.717	-1292.641	649.805	-649.805	21786.656	13958.688	
	63	3155.907	7622.434	2718.932	4979.651	-1578.307	792.748	-792.748	19269.672	11126.218	
62	63	3156.029	7622.551	2719.272	4979.624	-1578.245	792.570	-792.570	19270.046	11127.037	
	64	2118.690	5023.450	1818.683	4273.986	-1880.100	935.263	-935.263	14170.072	6145.460	
63	64	2118.930	5023.701	1819.204	4274.025	-1880.117	935.106	-935.106	14170.966	6146.612	
	65	580.224	1222.992	496.158	3139.044	-2186.392	1077.807	-1077.807	6516.226	-964.824	
64	65	580.482	1223.153	496.855	3139.108	-2186.410	1077.674	-1077.674	6517.272	-963.594	
	66	-1526.188	-3812.247	-1191.173	1830.646	-2854.872	1219.998	-1219.998	-3478.964	-10604.478	
65	66	-1525.938	-3812.068	-1190.555	1830.764	-2854.529	1219.913	-1219.913	-3477.884	-10603.003	
	67	-4299.469	-10190.365	-3101.480	1058.165	-4797.835	1363.716	-1363.716	-15169.433	-23752.865	
66	67	-4299.272	-10190.158	-3101.083	1058.071	-4797.455	1363.694	-1363.694	-15168.748	-23751.662	
	68	-6742.595	-15589.754	-4400.946	848.442	-7096.989	1466.111	-1466.111	-24418.742	-35296.395	P2
67	68	-6744.700	-15592.503	-4401.631	850.854	-7104.110	1465.946	-1465.946	-24422.034	-35308.890	P2
	69	-4590.530	-10892.780	-3338.977	909.589	-4931.073	1241.780	-1241.780	-16670.918	-24995.140	
68	69	-4590.476	-10892.465	-3339.126	909.529	-4931.401	1241.883	-1241.883	-16670.655	-24995.351	
	70	-2231.790	-5516.651	-1766.685	1927.666	-3128.708	924.067	-924.067	-6663.393	-13567.901	
69	70	-2231.833	-5516.415	-1767.081	1927.577	-3128.918	924.220	-924.220	-6663.532	-13568.467	
	71	-540.252	-1483.188	-417.304	2948.453	-2566.515	661.401	-607.564	1169.110	-5614.823	
70	71	-540.339	-1483.047	-417.763	2948.333	-2566.368	661.560	-607.758	1168.743	-5615.275	
	72	586.638	1317.999	565.643	3633.497	-2461.326	463.478	-290.794	6567.255	-281.840	
71	72	586.555	1318.053	565.317	3633.401	-2461.091	463.660	-291.010	6566.986	-282.175	
	73	1223.185	2914.333	1123.059	4121.423	-2398.579	265.739	-277.930	9647.739	2584.068	

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	1223.154	2914.357	1122.939	4121.375	-2398.603	265.932	-277.901	9647.757	2583.946	
	74	1382.691	3306.238	1243.698	4177.913	-2339.692	387.780	-391.311	10498.320	3201.624	
73	74	1382.736	3306.287	1243.803	4177.928	-2339.712	387.587	-391.290	10498.341	3201.824	
	75	1065.044	2493.475	927.632	3782.669	-2280.323	659.418	-659.418	8928.239	1546.410	
74	75	1065.159	2493.531	927.926	3782.751	-2280.464	659.216	-659.216	8928.583	1546.937	
	76	258.620	479.659	186.477	2944.815	-2275.708	976.491	-976.491	4846.062	-2327.442	
75	76	258.762	479.686	186.908	2944.931	-2275.780	976.320	-976.320	4846.607	-2326.743	
	77	-1112.205	-2766.197	-921.944	2061.663	-2827.204	1293.144	-1293.144	-1445.539	-8920.694	
76	77	-1112.098	-2766.287	-921.496	2061.710	-2826.931	1293.018	-1293.018	-1445.153	-8919.830	
	78	-3149.069	-7352.870	-2255.488	1645.521	-4598.937	1610.469	-1610.469	-9501.437	-18966.833	
77	78	-3149.015	-7352.920	-2255.269	1645.575	-4598.591	1610.415	-1610.415	-9501.214	-18966.210	
	79	-5079.831	-11505.847	-3157.109	1731.195	-6758.800	1832.194	-1832.194	-16179.398	-28333.781	P3
78	79	-5080.400	-11506.009	-3157.172	1731.100	-6760.477	1832.439	-1832.439	-16180.042	-28336.497	P3
	80	-3037.003	-7077.387	-2170.663	1692.953	-4561.463	1585.733	-1585.733	-9006.367	-18432.249	
79	80	-3037.096	-7077.388	-2170.940	1693.082	-4561.862	1585.791	-1585.791	-9006.551	-18433.077	
	81	-840.006	-2097.955	-716.283	2145.187	-2732.979	1232.856	-1232.856	-276.201	-7620.079	
80	81	-840.149	-2097.944	-716.746	2145.138	-2733.263	1232.978	-1232.978	-276.723	-7621.080	
	82	690.407	1539.814	512.711	3078.491	-2118.323	880.748	-880.748	6702.172	-256.139	
81	82	690.236	1539.732	512.251	3078.347	-2118.213	880.917	-880.917	6701.483	-256.911	
	83	1655.872	3944.351	1374.449	3975.648	-2075.491	588.077	-528.180	11538.397	4371.001	
82	83	1655.744	3944.274	1374.083	3975.556	-2075.400	588.256	-528.379	11537.913	4370.322	
	84	2133.116	5149.276	1811.030	4428.252	-2070.465	362.323	-357.952	13883.997	6665.005	
83	84	2133.071	5149.247	1810.879	4428.216	-2070.363	362.517	-357.965	13883.930	6664.869	
	85	2133.183	5149.451	1810.934	4428.306	-2070.482	362.573	-357.783	13884.447	6665.303	
84	85	2133.230	5149.492	1811.084	4428.305	-2070.376	362.383	-357.769	13884.494	6665.661	
	86	1656.085	3944.911	1374.242	3975.748	-2074.939	588.252	-528.231	11539.238	4372.068	
85	86	1656.216	3945.001	1374.608	3975.806	-2075.158	588.076	-528.031	11539.707	4372.636	
	87	690.803	1540.794	512.492	3078.734	-2117.798	880.773	-880.773	6703.595	-254.482	
86	87	690.977	1540.891	512.952	3078.851	-2117.882	880.605	-880.605	6704.275	-253.667	
	88	-839.451	-2096.694	-716.504	2144.773	-2732.440	1232.906	-1232.906	-274.970	-7617.995	
87	88	-839.304	-2096.688	-716.042	2144.824	-2732.116	1232.785	-1232.785	-274.425	-7616.935	
	89	-3036.562	-7076.729	-2170.864	1691.004	-4561.262	1585.959	-1585.959	-9007.192	-18431.376	
88	89	-3036.464	-7076.707	-2170.586	1690.932	-4560.823	1585.903	-1585.903	-9006.922	-18430.483	
	90	-5080.235	-11506.482	-3157.285	1729.505	-6759.887	1832.919	-1832.919	-16181.578	-28336.808	P4
89	90	-5079.335	-11504.587	-3156.692	1732.036	-6759.138	1831.962	-1831.962	-16176.616	-28331.714	P4
	91	-3149.032	-7352.875	-2255.192	1644.271	-4598.706	1610.400	-1610.400	-9502.428	-18966.205	
90	91	-3149.078	-7352.799	-2255.409	1644.320	-4599.109	1610.454	-1610.454	-9502.512	-18966.849	
	92	-1112.433	-2767.006	-921.656	2061.157	-2826.835	1293.172	-1293.172	-1446.766	-8921.102	
91	92	-1112.532	-2766.886	-922.101	2061.122	-2827.158	1293.297	-1293.297	-1447.100	-8921.974	
	93	258.373	478.878	186.693	2944.731	-2276.021	976.521	-976.521	4845.196	-2328.598	
92	93	258.245	478.884	186.245	2944.631	-2275.986	976.687	-976.687	4844.692	-2329.300	
	94	1064.780	2492.782	927.725	3782.568	-2280.699	659.409	-659.409	8927.264	1545.179	
93	94	1064.679	2492.767	927.436	3782.494	-2280.460	659.606	-659.606	8926.982	1544.816	
	95	1382.359	3305.585	1243.612	4177.767	-2339.834	387.765	-391.189	10497.088	3200.533	
94	95	1382.329	3305.581	1243.512	4177.760	-2339.970	387.956	-391.204	10497.138	3200.248	
	96	1222.769	2913.685	1122.779	4121.263	-2398.722	265.795	-277.862	9646.291	2582.649	
95	96	1222.816	2913.710	1122.905	4121.318	-2398.852	265.604	-277.884	9646.353	2582.695	
	97	586.250	1317.650	565.260	3633.329	-2461.824	463.653	-290.993	6566.141	-283.658	
96	97	586.351	1317.650	565.593	3633.408	-2461.919	463.473	-290.788	6566.475	-283.112	
	98	-540.281	-1482.459	-417.579	2947.682	-2566.798	661.772	-607.987	1169.134	-5615.104	

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	-540.173	-1482.537	-417.110	2947.779	-2566.918	661.616	-607.805	1169.575	-5614.543	
	99	-2231.123	-5514.206	-1766.615	1926.474	-3126.463	924.707	-924.707	-6660.763	-13563.114	
98	99	-2231.055	-5514.371	-1766.207	1926.541	-3126.208	924.568	-924.568	-6660.524	-13562.409	
	100	-4590.051	-10891.392	-3339.080	909.721	-4931.420	1241.872	-1241.872	-16668.930	-24993.815	
99	100	-4590.081	-10891.639	-3338.919	909.574	-4931.048	1241.784	-1241.784	-16669.281	-24993.471	
	101	-6748.529	-15602.948	-4404.070	861.005	-7114.939	1463.382	-1463.382	-24431.160	-35333.868	P5
100	101	-6748.196	-15603.374	-4404.091	861.004	-7112.727	1463.122	-1463.122	-24431.535	-35331.510	P5
	102	-4299.118	-10189.714	-3101.221	1058.926	-4798.487	1363.569	-1363.569	-15167.558	-23752.109	
101	102	-4299.336	-10189.963	-3101.630	1058.903	-4798.891	1363.580	-1363.580	-15168.446	-23753.400	
	103	-1524.549	-3808.893	-1189.887	1830.587	-2853.454	1220.514	-1220.514	-3472.228	-10597.297	
102	103	-1524.822	-3809.118	-1190.516	1830.456	-2853.799	1220.590	-1220.590	-3473.410	-10598.845	
	104	581.324	1224.864	497.317	3140.068	-2186.343	1078.072	-1078.072	6521.646	-960.909	
103	104	581.045	1224.659	496.610	3139.968	-2186.320	1078.198	-1078.198	6520.480	-962.204	
	105	2119.261	5024.163	1819.384	4274.867	-1879.963	935.237	-935.237	14172.912	6147.608	
104	105	2119.008	5023.884	1818.821	4274.791	-1880.058	935.389	-935.389	14171.893	6146.266	
	106	3155.957	7622.032	2719.107	4980.476	-1578.457	792.568	-792.568	19270.140	11126.071	
105	106	3155.811	7621.872	2718.819	4980.430	-1578.630	792.743	-792.743	19269.675	11125.129	
	107	3700.364	9014.391	3185.790	5236.819	-1294.320	649.700	-649.700	21787.064	13956.525	
106	107	3700.377	9014.446	3185.761	5236.848	-1294.082	649.894	-649.894	21787.326	13956.608	
	108	3751.028	9197.676	3217.898	5026.549	-1010.713	506.938	-506.938	21700.089	14648.951	
107	108	3751.203	9197.944	3218.167	5025.947	-1010.489	507.141	-507.141	21700.402	14649.684	
	109	3311.107	8178.342	2811.401	4343.132	-725.867	364.485	-364.485	19008.467	13210.498	
108	109	3311.448	8178.842	2811.932	4343.259	-725.641	364.700	-364.700	19010.181	13211.881	
	110	2390.571	5962.057	1970.780	3183.849	-440.011	222.579	-222.579	13729.836	9660.818	
109	110	2391.044	5962.729	1971.566	3184.031	-439.780	222.802	-222.802	13732.172	9662.757	
	111	1016.041	2540.296	745.639	1577.793	-155.850	81.327	-81.327	5961.096	4064.799	
110	111	1016.767	2541.649	746.488	1576.448	-155.741	81.581	-81.581	5962.933	4067.581	
	112	2.205	6.988	1.300	8.022	-7.611	0.929	-0.552	19.443	2.329	P6

< 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	
111	113	-0.261	-0.520	-0.536	0.797	-1.103	0.098	-0.098	-0.422	-2.517	P1
	114	934.608	2319.415	957.978	1571.346	-159.326	75.462	-75.462	5858.809	3977.213	
112	114	934.538	2319.549	956.886	1571.094	-159.365	75.357	-75.357	5857.423	3976.251	
	115	2327.335	5751.131	2195.740	3404.910	-429.555	214.301	-214.301	13893.417	9630.350	
113	115	2327.446	5751.752	2194.611	3404.050	-429.620	214.212	-214.212	13892.071	9629.977	
	116	3268.386	8004.520	2975.754	4509.761	-707.768	353.350	-353.350	19111.771	13187.542	
114	116	3268.444	8004.912	2974.970	4508.642	-707.731	353.257	-353.257	19110.225	13187.338	
	117	3717.322	9044.097	3338.039	5157.164	-996.354	492.162	-492.162	21748.784	14610.942	
115	117	3717.327	9044.229	3337.656	5156.465	-996.310	492.067	-492.067	21747.744	14610.836	
	118	3669.555	8870.904	3292.409	5329.968	-1280.334	631.163	-631.163	21793.999	13921.371	
116	118	3669.535	8870.839	3292.393	5329.931	-1280.283	631.067	-631.067	21793.765	13921.417	
	119	3127.533	7491.427	2837.026	5056.773	-1569.505	770.988	-770.988	19283.747	11115.493	
117	119	3127.485	7491.163	2837.381	5057.373	-1569.480	770.894	-770.894	19284.296	11115.655	
	120	2091.927	4911.320	1965.652	4336.090	-1883.715	912.521	-912.521	14217.510	6172.663	
118	120	2091.847	4910.883	1966.313	4337.226	-1883.742	912.435	-912.435	14218.704	6172.866	
	121	550.651	1134.626	659.859	3149.361	-2207.344	1057.365	-1057.365	6551.862	-919.573	
119	121	550.505	1133.943	660.833	3150.907	-2207.429	1057.289	-1057.289	6553.476	-919.438	
	122	-1544.865	-3817.769	-1131.461	1848.368	-2981.365	1207.477	-1207.477	-3438.250	-10682.937	

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	
121	123	-4223.616	-9873.491	-3514.425	1029.286	-5252.666	1365.629	-1365.629	-15216.617	-24229.827	
	124	-6458.071	-14685.311	-5648.654	877.606	-7605.859	1483.174	-1483.174	-24431.256	-35881.069	P2
122	124	-6458.043	-14685.282	-5648.604	877.722	-7605.786	1483.188	-1483.188	-24431.019	-35880.903	P2
	125	-4516.302	-10581.485	-3745.116	909.796	-5313.687	1246.865	-1246.865	-16686.242	-25403.455	
123	125	-4516.188	-10581.076	-3745.716	909.884	-5314.149	1246.901	-1246.901	-16686.195	-25404.030	
	126	-2251.968	-5527.405	-1690.785	1987.533	-3222.087	919.710	-919.710	-6562.915	-13611.955	
124	126	-2251.812	-5526.818	-1691.652	1986.975	-3222.872	919.771	-919.771	-6563.536	-13612.925	
	127	-569.248	-1571.170	-230.703	3103.726	-2581.250	652.611	-600.874	1385.216	-5553.245	
125	127	-569.126	-1570.670	-231.483	3103.062	-2581.040	652.688	-600.957	1384.471	-5553.275	
	128	563.390	1214.799	743.145	3830.696	-2451.661	454.620	-287.007	6806.650	-217.334	
126	128	563.468	1215.146	742.585	3830.057	-2451.502	454.711	-287.104	6805.967	-217.408	
	129	1201.754	2803.721	1280.955	4255.322	-2353.486	259.446	-270.244	9801.198	2662.700	
127	129	1201.776	2803.828	1280.770	4254.979	-2353.395	259.543	-270.237	9800.896	2662.742	
	130	1360.687	3193.818	1398.885	4305.716	-2285.066	378.682	-381.015	10637.788	3287.309	
128	130	1360.676	3193.742	1399.061	4305.926	-2285.072	378.587	-381.009	10637.992	3287.398	
	131	1040.138	2384.611	1097.359	3888.285	-2270.684	645.525	-645.525	9055.918	1605.899	
129	131	1040.080	2384.319	1097.895	3888.994	-2270.796	645.425	-645.425	9056.713	1606.073	
	132	225.939	378.734	362.002	3012.176	-2287.988	959.741	-959.741	4938.591	-2281.054	
130	132	225.814	378.219	362.790	3012.899	-2288.109	959.652	-959.652	4939.375	-2280.938	
	133	-1138.713	-2800.750	-855.519	2061.938	-2916.705	1279.244	-1279.244	-1453.800	-8990.931	
131	133	-1138.867	-2801.337	-854.691	2062.029	-2916.003	1279.177	-1279.177	-1453.689	-8990.075	
	134	-3083.889	-7080.006	-2658.288	1615.656	-4979.267	1608.023	-1608.023	-9598.504	-19409.473	
132	134	-3084.001	-7080.451	-2657.612	1615.640	-4978.737	1607.983	-1607.983	-9598.441	-19408.784	
	135	-4801.134	-10642.818	-4376.553	1745.336	-7187.941	1847.526	-1847.526	-16227.643	-28855.972	P3
133	135	-4801.123	-10642.772	-4376.624	1745.318	-7187.920	1847.528	-1847.528	-16227.673	-28855.967	P3
	136	-2972.178	-6805.305	-2575.938	1664.118	-4942.818	1583.887	-1583.887	-9105.416	-18880.126	
134	136	-2972.081	-6804.924	-2576.477	1664.147	-4943.177	1583.918	-1583.918	-9105.417	-18880.577	
	137	-866.792	-2132.734	-654.949	2134.348	-2829.191	1220.544	-1220.544	-299.582	-7704.209	
135	137	-866.609	-2132.062	-655.821	2134.136	-2829.802	1220.608	-1220.608	-299.748	-7704.902	
	138	656.759	1437.025	679.421	3104.533	-2132.775	866.687	-866.687	6744.425	-226.257	
136	138	656.894	1437.572	678.618	3103.437	-2132.584	866.771	-866.771	6743.292	-226.271	
	139	1629.457	3832.130	1531.678	4055.894	-2072.811	575.900	-518.072	11625.059	4402.382	
137	139	1629.521	3832.430	1531.169	4055.188	-2072.704	575.992	-518.168	11624.300	4402.248	
	140	2108.726	5031.073	1950.410	4522.651	-2031.788	353.498	-348.552	13966.358	6709.869	
138	140	2108.750	5031.182	1950.234	4522.407	-2031.740	353.596	-348.555	13966.169	6709.871	
	141	2108.826	5031.312	1950.258	4521.718	-2031.480	353.665	-348.464	13965.779	6710.452	
139	141	2108.803	5031.203	1950.432	4522.105	-2031.558	353.567	-348.461	13966.110	6710.419	
	142	1629.724	3832.767	1531.231	4053.194	-2071.794	576.044	-518.412	11622.960	4403.516	
140	142	1629.661	3832.468	1531.738	4054.035	-2071.933	575.953	-518.317	11623.855	4403.617	
	143	657.155	1437.962	678.701	3098.867	-2131.008	867.345	-867.345	6740.029	-224.536	
141	143	657.021	1437.417	679.501	3100.091	-2131.195	867.262	-867.262	6741.292	-224.517	
	144	-866.401	-2131.838	-655.732	2130.149	-2826.590	1221.773	-1221.773	-302.049	-7702.334	
142	144	-866.582	-2132.508	-654.861	2130.353	-2825.946	1221.710	-1221.710	-301.888	-7701.607	
	145	-2972.048	-6805.056	-2576.379	1663.162	-4942.540	1586.012	-1586.012	-9104.309	-18882.035	
143	145	-2972.143	-6805.432	-2575.840	1663.110	-4942.123	1585.982	-1585.982	-9104.323	-18881.520	
	146	-4801.273	-10643.174	-4376.489	1744.273	-7188.105	1850.476	-1850.476	-16226.187	-28859.517	P4
144	146	-4801.016	-10642.946	-4376.823	1746.561	-7189.205	1844.235	-1844.235	-16229.989	-28854.225	P4
	147	-3083.935	-7080.537	-2657.767	1615.994	-4978.998	1605.674	-1605.674	-9600.571	-19406.911	
145	147	-3083.820	-7080.084	-2658.443	1616.025	-4979.468	1605.714	-1605.714	-9600.608	-19407.529	
	148	-1138.901	-2801.463	-854.753	2059.140	-2917.495	1277.863	-1277.863	-1458.114	-8990.475	

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	
146	148	-1138.742	-2800.866	-855.581	2058.971	-2918.212	1277.929	-1277.929	-1458.289	-8991.330	
	149	225.703	378.039	362.809	3009.469	-2287.307	958.934	-958.934	4934.954	-2279.691	
147	149	225.828	378.560	361.997	3008.682	-2287.157	959.022	-959.022	4934.089	-2279.795	
	150	1039.967	2384.239	1097.934	3886.869	-2270.348	645.021	-645.021	9054.030	1606.771	
148	150	1040.032	2384.543	1097.397	3886.029	-2270.204	645.119	-645.119	9053.120	1606.649	
	151	1360.636	3193.900	1399.144	4304.820	-2284.824	378.144	-380.843	10636.644	3288.013	
149	151	1360.653	3193.988	1398.968	4304.481	-2284.772	378.241	-380.846	10636.331	3287.991	
	152	1201.838	2804.278	1280.886	4254.360	-2353.389	259.600	-270.082	9800.962	2663.531	
150	152	1201.821	2804.181	1281.070	4254.578	-2353.428	259.502	-270.087	9801.152	2663.557	
	153	563.559	1215.670	742.657	3829.714	-2451.632	454.728	-287.173	6806.327	-216.920	
151	153	563.484	1215.326	743.215	3830.315	-2451.741	454.633	-287.076	6806.973	-216.793	
	154	-569.264	-1570.785	-231.595	3103.252	-2581.110	652.539	-600.770	1384.147	-5553.525	
152	154	-569.388	-1571.293	-230.819	3103.894	-2581.279	652.458	-600.686	1384.851	-5553.466	
	155	-2252.509	-5528.458	-1692.046	1987.575	-3225.078	919.216	-919.216	-6566.222	-13617.307	
153	155	-2252.673	-5529.068	-1691.185	1988.123	-3224.383	919.151	-919.151	-6565.652	-13616.460	
	156	-4516.987	-10583.059	-3746.028	910.322	-5314.550	1246.309	-1246.309	-16689.443	-25406.933	
154	156	-4517.109	-10583.491	-3745.433	910.331	-5314.215	1246.270	-1246.270	-16689.432	-25406.518	
	157	-6456.188	-14680.473	-5647.455	874.672	-7602.874	1483.950	-1483.950	-24425.494	-35870.940	P5
155	157	-6456.214	-14680.499	-5647.507	874.597	-7603.065	1483.938	-1483.938	-24425.685	-35871.223	P5
	158	-4224.463	-9875.634	-3514.762	1029.708	-5253.318	1365.043	-1365.043	-15220.108	-24233.220	
156	158	-4224.364	-9875.169	-3515.454	1029.512	-5254.011	1365.071	-1365.071	-15220.404	-24234.069	
	159	-1545.641	-3820.146	-1130.838	1848.426	-2980.821	1206.917	-1206.917	-3441.282	-10684.363	
157	159	-1545.438	-3819.330	-1131.830	1847.722	-2981.799	1206.979	-1206.979	-3441.897	-10685.376	
	160	550.716	1134.267	660.834	3150.557	-2207.087	1057.224	-1057.224	6553.598	-918.494	
158	160	550.868	1134.964	659.863	3149.150	-2207.035	1057.305	-1057.305	6552.150	-918.645	
	161	2092.445	4912.123	1966.620	4337.197	-1882.841	912.687	-912.687	14221.072	6175.660	
159	161	2092.520	4912.551	1965.942	4336.185	-1882.855	912.776	-912.776	14219.974	6175.382	
	162	3128.134	7492.527	2837.782	5057.120	-1568.272	771.298	-771.298	19286.861	11118.873	
160	162	3128.179	7492.783	2837.425	5056.625	-1568.333	771.393	-771.393	19286.405	11118.661	
	163	3670.104	8872.004	3292.785	5330.456	-1278.427	631.509	-631.509	21796.858	13924.957	
161	163	3670.120	8872.056	3292.798	5330.596	-1278.515	631.604	-631.604	21797.174	13924.855	
	164	3717.808	9045.183	3337.979	5156.335	-994.529	492.469	-492.469	21749.774	14613.972	
162	164	3717.796	9045.034	3338.358	5157.130	-994.633	492.563	-492.563	21750.881	14613.992	
	165	3268.768	8005.482	2975.121	4508.146	-706.410	353.513	-353.513	19111.030	13189.449	
163	165	3268.701	8005.066	2975.897	4509.491	-706.503	353.603	-353.603	19112.758	13189.558	
	166	2327.374	5751.373	2194.468	3404.199	-430.988	214.159	-214.159	13891.573	9628.067	
164	166	2327.246	5750.708	2195.570	3405.072	-430.910	214.242	-214.242	13892.838	9628.372	
	167	933.920	2317.891	956.504	1570.745	-162.991	74.976	-74.976	5854.036	3970.347	
165	167	933.975	2317.717	957.587	1570.992	-162.933	75.076	-75.076	5855.347	3971.270	
	168	-0.251	-0.493	-0.530	0.814	-1.136	0.095	-0.095	-0.365	-2.505	P6

< SHEAR FORCE >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-371.874	-962.122	-325.313	64.285	-702.160	28.339	-28.339	-1566.685	-2389.808	P1
	2	-329.228	-840.378	-285.473	101.431	-619.110	28.339	-28.339	-1325.309	-2102.528	
2	2	-321.423	-815.305	-265.581	90.930	-594.519	28.411	-28.411	-1282.968	-2025.238	
	3	-243.316	-595.998	-193.813	200.178	-464.174	28.411	-28.411	-804.539	-1525.713	
3	3	-230.122	-566.092	-185.271	149.195	-490.940	28.370	-28.370	-803.921	-1500.796	
	4	-147.516	-346.788	-113.504	288.658	-372.643	28.370	-28.370	-290.779	-1008.821	
4	4	-133.492	-317.622	-106.878	215.892	-425.454	28.282	-28.282	-313.817	-1011.728	
	5	-46.383	-98.313	-35.111	343.679	-312.851	28.282	-28.282	192.154	-520.941	
5	5	-33.301	-72.025	-27.679	264.756	-374.489	28.201	-28.201	159.953	-535.695	
	6	53.830	147.341	44.108	386.345	-264.710	28.201	-28.201	659.825	-47.633	
6	6	66.754	173.493	51.920	320.697	-338.571	28.045	-28.045	640.909	-74.449	
	7	153.857	392.785	123.682	431.011	-221.537	28.045	-28.045	1129.380	420.742	
7	7	166.948	420.142	130.439	381.427	-301.219	27.751	-27.751	1126.708	388.559	
	8	254.058	639.454	202.208	484.441	-186.656	27.751	-27.751	1607.913	881.313	
8	8	267.299	668.608	207.545	470.378	-258.878	27.221	-27.221	1641.051	857.353	
	9	361.171	887.946	279.322	567.120	-146.862	27.221	-27.221	2122.780	1354.356	
9	9	373.879	919.184	285.963	579.298	-206.693	26.138	-26.138	2184.462	1346.195	
	10	478.995	1138.509	357.736	681.017	-97.588	26.138	-26.138	2682.395	1851.514	
10	10	487.209	1165.704	373.288	709.181	-133.842	24.467	-24.467	2759.849	1867.893	
	11	603.573	1385.025	445.060	819.711	-70.540	24.467	-24.467	3277.836	2338.651	
11	11	602.194	1394.964	475.752	865.352	-134.266	22.150	-22.150	3360.412	2316.494	
	12	694.367	1548.477	525.989	951.250	-114.257	22.150	-22.150	3742.233	2632.426	P2
12	12	-610.806	-1347.799	-458.732	148.700	-929.160	56.660	-56.660	-2211.977	-3403.157	P2
	13	-518.631	-1194.283	-408.495	172.523	-841.604	56.660	-56.660	-1892.226	-3019.672	
13	13	-519.771	-1183.189	-377.906	113.535	-797.935	59.044	-59.044	-1908.287	-2937.845	
	14	-403.400	-963.855	-306.129	165.632	-686.042	59.044	-59.044	-1448.708	-2418.470	
14	14	-395.174	-936.196	-290.860	139.843	-658.138	60.726	-60.726	-1421.661	-2341.094	
	15	-290.049	-716.853	-219.081	226.285	-555.986	60.726	-60.726	-938.973	-1842.695	
15	15	-277.386	-685.438	-212.906	175.665	-543.923	61.708	-61.708	-938.357	-1781.361	
	16	-185.022	-466.116	-141.133	285.109	-447.571	61.708	-61.708	-445.455	-1301.551	
16	16	-171.524	-436.134	-136.605	218.775	-454.288	62.142	-62.142	-463.347	-1260.693	
	17	-87.422	-216.836	-64.841	335.090	-362.156	62.142	-62.142	28.132	-793.397	
17	17	-74.207	-188.711	-59.601	275.731	-382.123	62.275	-62.275	15.486	-766.918	
	18	9.906	30.615	12.172	382.711	-294.038	62.275	-62.275	497.678	-303.621	
18	18	23.116	58.669	17.529	344.910	-330.167	62.110	-62.110	506.334	-292.963	
	19	107.225	277.984	89.299	438.821	-238.748	62.110	-62.110	975.439	173.650	
19	19	120.569	307.368	94.157	430.412	-282.040	61.654	-61.654	1014.161	178.401	
	20	212.929	526.680	165.926	526.950	-200.191	61.654	-61.654	1494.140	643.690	
20	20	225.622	557.628	172.785	537.549	-237.251	60.568	-60.568	1554.152	658.215	
	21	330.752	776.982	244.568	639.802	-166.589	60.568	-60.568	2052.673	1125.146	
21	21	338.953	803.540	260.753	665.127	-194.638	58.845	-58.845	2127.217	1149.762	
	22	455.315	1022.858	332.524	776.895	-141.960	58.845	-58.845	2646.437	1609.892	
22	22	454.014	1032.022	363.943	817.512	-192.945	56.515	-56.515	2724.006	1600.518	
	23	546.194	1185.547	414.183	904.514	-167.442	56.515	-56.515	3106.953	1921.967	P3
23	23	-578.093	-1264.022	-438.061	158.212	-915.462	63.493	-63.493	-2058.471	-3259.131	P3
	24	-485.922	-1110.512	-387.825	183.894	-828.363	63.493	-63.493	-1736.872	-2876.115	
24	24	-487.384	-1101.678	-356.456	131.688	-788.058	65.855	-65.855	-1747.976	-2799.431	
	25	-371.011	-882.341	-284.679	185.836	-676.236	65.855	-65.855	-1286.341	-2280.122	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
25	25	-362.887	-855.937	-268.505	157.728	-650.993	67.589	-67.589	-1262.014	-2205.912	
	26	-257.774	-636.619	-196.734	228.682	-548.769	67.589	-67.589	-794.857	-1707.486	
26	26	-245.052	-605.596	-189.820	191.647	-538.255	68.657	-68.657	-780.163	-1647.380	
	27	-152.696	-386.291	-118.053	282.736	-441.730	68.657	-68.657	-305.647	-1167.427	
27	27	-139.423	-357.094	-113.151	232.393	-449.017	69.111	-69.111	-308.163	-1127.795	
	28	-55.304	-137.754	-41.373	332.294	-356.597	69.111	-69.111	166.976	-660.139	
28	28	-42.077	-109.695	-35.894	288.241	-379.804	69.257	-69.257	169.832	-636.727	
	29	42.024	109.598	35.869	380.007	-288.189	69.257	-69.257	636.755	-169.955	
29	29	55.247	137.648	41.345	356.627	-332.015	69.084	-69.084	659.951	-166.859	
	30	139.366	356.988	113.124	449.083	-232.306	69.084	-69.084	1127.645	308.087	
30	30	152.623	386.152	118.018	441.817	-282.269	68.589	-68.589	1167.199	305.934	
	31	244.980	605.457	189.784	538.387	-191.523	68.589	-68.589	1647.196	780.107	
31	31	257.660	636.386	196.679	549.027	-228.440	67.454	-67.454	1707.206	794.831	
	32	362.773	855.704	268.450	651.323	-157.620	67.454	-67.454	2205.704	1261.854	
32	32	370.812	881.912	284.592	676.701	-185.490	65.618	-65.618	2279.635	1286.208	
	33	487.185	1101.249	356.369	788.509	-131.169	65.618	-65.618	2798.930	1748.016	
33	33	485.628	1109.857	387.718	828.894	-182.369	63.154	-63.154	2875.251	1737.680	
	34	577.799	1263.368	437.954	915.661	-156.550	63.154	-63.154	3257.936	2059.416	P4
34	34	-546.365	-1185.929	-414.262	166.250	-904.220	56.876	-56.876	-1923.430	-3107.652	P4
	35	-454.185	-1032.404	-364.022	191.588	-817.530	56.876	-56.876	-1602.147	-2725.016	
35	35	-455.407	-1023.065	-332.559	141.382	-777.059	59.095	-59.095	-1610.555	-2647.186	
	36	-339.045	-803.747	-260.788	194.051	-665.348	59.095	-59.095	-1150.434	-2128.023	
36	36	-330.787	-777.060	-244.578	166.307	-640.029	60.712	-60.712	-1125.405	-2053.166	
	37	-225.657	-557.705	-172.795	236.874	-537.746	60.712	-60.712	-658.570	-1554.615	
37	37	-212.935	-526.696	-165.926	200.030	-527.077	61.731	-61.731	-643.796	-1494.366	
	38	-120.575	-307.384	-94.157	281.575	-430.481	61.731	-61.731	-178.810	-1014.329	
38	38	-107.220	-277.975	-89.297	238.685	-439.058	62.150	-62.150	-173.657	-975.699	
	39	-23.111	-58.660	-17.527	329.895	-344.943	62.150	-62.150	292.747	-506.390	
39	39	-9.896	-30.599	-12.169	293.962	-382.846	62.297	-62.297	303.594	-497.808	
	40	74.217	188.726	59.604	382.034	-275.777	62.297	-62.297	766.878	-15.528	
40	40	87.434	216.856	64.843	362.101	-335.169	62.158	-62.158	793.393	-28.192	
	41	171.537	436.154	136.608	454.240	-218.769	62.158	-62.158	1260.696	463.371	
41	41	185.039	466.137	141.135	447.484	-285.158	61.726	-61.726	1301.521	445.427	
	42	277.403	685.459	212.907	543.835	-175.622	61.726	-61.726	1781.330	938.421	
42	42	290.060	716.827	219.072	555.792	-226.253	60.764	-60.764	1842.515	938.942	
	43	395.185	936.170	290.851	657.920	-139.649	60.764	-60.764	2340.889	1421.794	
43	43	403.306	963.489	306.048	685.511	-164.965	59.171	-59.171	2417.524	1448.706	
	44	519.677	1182.823	377.824	797.426	-113.109	59.171	-59.171	2936.920	1908.044	
44	44	518.198	1192.965	408.208	840.321	-171.818	57.004	-57.004	3016.695	1890.549	
	45	610.373	1346.481	458.445	927.789	-148.008	57.004	-57.004	3400.092	2210.287	P5
45	45	-693.458	-1546.366	-525.534	112.788	-948.484	22.591	-22.591	-2629.979	-3736.433	P5
	46	-601.284	-1392.852	-475.297	132.679	-862.540	22.591	-22.591	-2314.164	-3354.564	
46	46	-603.195	-1384.183	-444.866	70.014	-818.510	24.657	-24.657	-2337.573	-3275.410	
	47	-486.831	-1164.862	-373.094	134.071	-707.842	24.657	-24.657	-1866.059	-2757.286	
47	47	-478.878	-1138.262	-357.665	97.692	-680.526	26.209	-26.209	-1850.904	-2681.540	
	48	-373.762	-918.937	-285.892	206.821	-578.858	26.209	-26.209	-1345.561	-2183.657	
48	48	-361.125	-887.850	-279.288	146.923	-566.919	27.254	-27.254	-1354.086	-2122.437	
	49	-267.254	-668.512	-207.511	258.945	-470.106	27.254	-27.254	-857.077	-1640.637	
49	49	-254.028	-639.387	-202.185	186.676	-484.418	27.773	-27.773	-881.151	-1607.791	
	50	-166.917	-420.075	-130.416	301.245	-381.220	27.773	-27.773	-388.391	-1126.402	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
50	50	-153.831	-392.726	-123.665	221.548	-430.999	28.061	-28.061	-420.614	-1129.283	
	51	-66.729	-173.434	-51.903	338.587	-320.682	28.061	-28.061	74.582	-640.808	
51	51	-53.797	-147.261	-44.089	264.723	-386.334	28.217	-28.217	47.792	-659.698	
	52	33.317	72.060	27.683	374.485	-264.759	28.217	-28.217	535.762	-159.915	
52	52	46.405	98.367	35.114	312.835	-343.703	28.301	-28.301	521.022	-192.119	
	53	133.531	317.718	106.896	425.459	-215.889	28.301	-28.301	1011.905	313.955	
53	53	147.572	346.923	113.525	372.643	-288.650	28.400	-28.400	1009.063	290.971	
	54	230.179	566.228	185.292	490.945	-149.181	28.400	-28.400	1501.043	804.118	
54	54	243.355	596.068	193.815	463.742	-200.173	28.438	-28.438	1525.417	804.626	
	55	321.461	815.375	265.582	594.534	-90.493	28.438	-28.438	2025.390	1283.488	
55	55	329.068	839.904	285.368	619.512	-101.933	28.257	-28.257	2102.109	1324.150	
	56	371.714	961.648	325.208	702.584	-64.867	28.257	-28.257	2389.411	1565.445	P6

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-389.332	-979.995	-285.390	62.474	-693.976	29.199	-29.199	-1563.044	-2377.892	P1
	58	-346.950	-859.824	-255.696	117.502	-591.406	29.199	-29.199	-1315.768	-2083.075	
57	58	-316.235	-798.729	-274.034	105.137	-549.943	28.606	-28.606	-1255.256	-1967.547	
	59	-238.587	-582.187	-220.527	250.680	-430.055	28.606	-28.606	-762.015	-1499.962	
58	59	-226.118	-555.548	-196.459	158.225	-479.050	28.733	-28.733	-791.167	-1485.908	
	60	-143.996	-339.007	-142.952	320.069	-349.120	28.733	-28.733	-277.154	-1003.809	
59	60	-132.067	-313.933	-108.809	193.248	-435.645	28.797	-28.797	-332.763	-1019.251	
	61	-45.467	-97.385	-55.300	350.842	-294.134	28.797	-28.797	181.487	-521.083	
60	61	-33.061	-71.264	-20.266	241.062	-390.762	28.837	-28.837	145.308	-544.190	
	62	53.527	145.254	33.235	384.746	-250.177	28.837	-28.837	645.599	-46.997	
61	62	66.536	172.590	67.435	292.701	-353.221	28.832	-28.832	628.094	-75.493	
	63	153.127	389.119	120.938	433.789	-207.779	28.832	-28.832	1125.806	426.573	
62	63	165.913	415.919	154.879	353.180	-322.360	28.779	-28.779	1118.670	385.573	
	64	252.514	632.471	208.389	481.626	-173.172	28.779	-28.779	1603.779	891.424	
63	64	264.817	658.320	240.100	429.183	-294.677	28.782	-28.782	1621.202	839.778	
	65	358.123	874.858	293.606	525.822	-149.403	28.782	-28.782	2081.191	1348.402	
64	65	373.446	907.440	313.744	518.379	-258.490	28.708	-28.708	2141.717	1307.431	
	66	477.926	1123.961	367.246	613.892	-116.075	28.708	-28.708	2611.734	1824.350	
65	66	502.628	1178.060	358.629	637.178	-183.030	29.001	-29.001	2705.496	1827.285	
	67	618.312	1394.622	412.141	747.181	-58.982	29.001	-29.001	3201.257	2337.091	
66	67	659.298	1480.269	355.868	841.640	-92.481	29.514	-29.514	3366.589	2373.439	
	68	750.916	1631.824	393.317	942.345	-43.602	29.514	-29.514	3747.916	2702.940	P2
67	68	-667.426	-1429.775	-324.877	95.930	-929.087	64.581	-64.581	-2261.567	-3415.747	P2
	69	-575.782	-1278.177	-287.418	135.634	-827.417	64.581	-64.581	-1941.161	-3033.375	
68	69	-534.699	-1192.567	-343.913	109.280	-730.321	64.103	-64.103	-1897.796	-2865.604	
	70	-419.030	-976.032	-290.408	195.749	-616.018	64.103	-64.103	-1425.617	-2365.590	
69	70	-394.165	-921.731	-298.989	151.300	-590.869	63.866	-63.866	-1399.719	-2269.620	
	71	-289.672	-705.185	-245.481	272.881	-494.929	63.866	-63.866	-903.591	-1799.134	
70	71	-274.597	-673.270	-225.118	179.884	-500.489	63.936	-63.936	-929.164	-1737.409	
	72	-182.791	-456.750	-171.616	317.610	-406.880	63.936	-63.936	-429.612	-1281.974	
71	72	-170.210	-430.230	-139.246	212.685	-436.238	63.915	-63.915	-463.087	-1239.839	
	73	-86.598	-213.688	-85.739	351.702	-336.294	63.915	-63.915	29.591	-786.233	
72	73	-73.983	-187.309	-51.110	258.032	-383.388	63.944	-63.944	9.575	-759.733	
	74	9.624	29.219	2.394	390.314	-276.961	63.944	-63.944	495.495	-299.667	

부재 번 호	절점 번 호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
		Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
73	74	22.261	55.643	37.008	318.807	-346.716	63.924	-63.924	497.642	-295.729	
	75	105.880	272.205	90.520	440.984	-231.233	63.924	-63.924	973.512	173.448	
74	75	118.160	297.982	122.815	390.563	-313.386	64.001	-64.001	993.521	161.571	
	76	209.963	514.495	176.315	490.220	-201.948	64.001	-64.001	1454.994	634.825	
75	76	224.989	546.342	196.875	479.174	-269.919	63.896	-63.896	1511.276	634.391	
	77	329.488	762.901	250.386	575.132	-174.620	63.896	-63.896	1981.803	1104.258	
76	77	354.173	816.917	242.334	600.052	-219.848	64.034	-64.034	2077.510	1129.542	
	78	469.834	1033.437	295.835	714.986	-137.748	64.034	-64.034	2578.127	1597.324	
77	78	511.555	1120.902	241.143	811.914	-163.735	63.907	-63.907	2749.421	1645.959	
	79	603.181	1272.470	278.596	913.107	-128.312	63.907	-63.907	3131.261	1962.029	P3
78	79	-635.519	-1351.684	-302.943	117.258	-925.119	71.076	-71.076	-2101.812	-3286.340	P3
	80	-543.875	-1200.088	-265.483	155.654	-823.625	71.076	-71.076	-1782.717	-2904.148	
79	80	-502.096	-1112.595	-320.150	127.378	-726.472	71.185	-71.185	-1736.278	-2732.498	
	81	-386.424	-896.055	-266.643	210.624	-612.347	71.185	-71.185	-1267.313	-2232.654	
80	81	-361.718	-842.042	-274.748	166.048	-587.284	71.049	-71.049	-1241.410	-2136.840	
	82	-257.237	-625.521	-221.246	270.941	-491.355	71.049	-71.049	-762.014	-1666.408	
81	82	-242.030	-593.249	-200.646	193.901	-496.971	71.141	-71.141	-770.883	-1604.038	
	83	-150.211	-376.697	-147.137	315.047	-402.850	71.141	-71.141	-287.857	-1148.036	
82	83	-138.088	-351.310	-114.882	225.347	-437.447	71.064	-71.064	-307.870	-1112.792	
	84	-54.476	-134.767	-61.375	348.901	-331.519	71.064	-71.064	169.347	-653.201	
83	84	-41.820	-108.290	-26.759	271.326	-386.591	71.084	-71.084	165.541	-634.544	
	85	41.775	108.207	26.737	386.580	-271.319	71.084	-71.084	634.383	-165.684	
84	85	54.430	134.682	61.354	331.543	-348.906	71.062	-71.062	653.071	-169.503	
	86	138.042	351.226	114.861	437.434	-225.392	71.062	-71.062	1112.626	307.674	
85	86	150.166	376.614	147.120	402.851	-315.021	71.142	-71.142	1147.893	287.737	
	87	241.985	593.166	200.630	496.935	-193.891	71.142	-71.142	1603.858	770.748	
86	87	257.211	625.485	221.246	491.288	-270.637	71.064	-71.064	1666.294	762.242	
	88	361.692	842.007	274.748	587.300	-165.846	71.064	-71.064	2136.809	1241.536	
87	88	386.457	896.178	266.677	612.341	-209.789	71.233	-71.233	2232.887	1268.289	
	89	502.130	1112.718	320.183	726.543	-126.812	71.233	-71.233	2732.808	1736.985	
88	89	543.983	1200.420	265.538	823.593	-153.480	71.165	-71.165	2904.699	1785.296	
	90	635.626	1352.017	302.998	924.684	-116.079	71.165	-71.165	3286.490	2103.397	P4
89	90	-603.033	-1272.120	-278.498	127.935	-913.209	63.844	-63.844	-1961.872	-3130.704	P4
	91	-511.407	-1120.552	-241.046	162.781	-812.262	63.844	-63.844	-1646.379	-2749.111	
90	91	-469.768	-1033.278	-295.787	137.486	-715.178	64.000	-64.000	-1597.348	-2578.012	
	92	-354.107	-816.758	-242.286	219.364	-600.094	64.000	-64.000	-1129.787	-2077.245	
91	92	-329.475	-762.877	-250.374	174.488	-575.197	63.887	-63.887	-1104.351	-1981.810	
	93	-224.976	-546.318	-196.863	269.586	-479.215	63.887	-63.887	-634.685	-1511.259	
92	93	-209.963	-514.500	-176.321	201.990	-490.221	64.001	-64.001	-634.793	-1455.006	
	94	-118.160	-297.987	-122.822	313.361	-390.635	64.001	-64.001	-161.607	-993.605	
93	94	-105.878	-272.206	-90.521	231.327	-440.984	63.927	-63.927	-173.351	-973.515	
	95	-22.258	-55.644	-37.009	346.726	-318.897	63.927	-63.927	295.742	-497.734	
94	95	-9.619	-29.216	-2.399	276.993	-390.309	63.951	-63.951	299.709	-495.495	
	96	73.988	187.312	51.105	383.394	-258.070	63.951	-63.951	759.749	-9.616	
95	96	86.585	213.644	85.720	336.212	-351.668	63.936	-63.936	786.097	-29.656	
	97	170.197	430.185	139.227	436.223	-212.624	63.936	-63.936	1239.768	463.049	
96	97	182.722	456.561	171.569	406.704	-317.533	63.984	-63.984	1281.539	429.335	
	98	274.527	673.081	225.070	500.356	-179.719	63.984	-63.984	1737.018	928.976	
97	98	289.545	704.870	245.426	494.789	-272.835	63.915	-63.915	1798.546	903.091	
	99	394.038	921.416	298.934	590.693	-151.162	63.915	-63.915	2268.997	1399.311	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
98	99	419.092	976.275	290.495	616.241	-195.774	64.000	-64.000	2366.103	1426.088	
	100	534.762	1192.810	344.000	730.670	-109.726	64.000	-64.000	2866.242	1897.846	
99	100	577.014	1281.514	288.137	829.686	-137.566	63.842	-63.842	3040.193	1945.258	
	101	668.659	1433.113	325.597	931.376	-97.913	63.842	-63.842	3422.587	2265.614	P5
100	101	-752.574	-1635.877	-394.183	47.172	-946.824	28.689	-28.689	-2706.774	-3758.148	P5
	102	-660.956	-1484.322	-356.734	95.318	-846.240	28.689	-28.689	-2378.005	-3376.941	
101	102	-618.565	-1395.181	-412.306	59.739	-748.107	28.853	-28.853	-2337.460	-3203.012	
	103	-502.881	-1178.619	-358.794	182.896	-638.179	28.853	-28.853	-1828.545	-2707.325	
102	103	-477.820	-1123.675	-367.207	116.085	-613.776	28.748	-28.748	-1823.870	-2611.226	
	104	-373.340	-907.154	-313.705	258.509	-518.112	28.748	-28.748	-1306.942	-2141.058	
103	104	-358.024	-874.615	-293.552	149.481	-525.653	28.835	-28.835	-1347.876	-2080.679	
	105	-264.718	-658.077	-240.046	294.771	-428.930	28.835	-28.835	-839.235	-1620.605	
104	105	-252.469	-632.363	-208.359	173.222	-481.525	28.810	-28.810	-891.158	-1603.525	
	106	-165.885	-415.853	-154.860	322.382	-353.078	28.810	-28.810	-385.406	-1118.487	
105	106	-153.122	-389.109	-120.929	207.780	-433.795	28.847	-28.847	-426.533	-1125.801	
	107	-66.513	-172.537	-67.415	353.233	-292.677	28.847	-28.847	75.615	-627.989	
106	107	-53.511	-145.219	-33.233	250.172	-384.752	28.836	-28.836	47.045	-645.552	
	108	33.077	71.299	20.268	390.757	-241.070	28.836	-28.836	544.238	-145.262	
107	108	45.462	97.366	55.285	294.116	-350.878	28.772	-28.772	521.001	-181.537	
	109	132.061	313.915	108.794	435.621	-193.287	28.772	-28.772	1019.163	332.711	
108	109	143.929	338.843	142.903	349.566	-320.160	28.665	-28.665	1003.906	276.851	
	110	226.051	555.384	196.409	478.999	-158.306	28.665	-28.665	1485.508	790.873	
109	110	238.504	582.008	220.507	430.565	-250.792	28.534	-28.534	1500.118	761.693	
	111	316.152	798.551	274.014	549.854	-106.045	28.534	-28.534	1967.105	1254.137	
110	111	347.424	861.114	255.985	590.009	-115.692	29.449	-29.449	2083.981	1319.382	
	112	389.806	981.285	285.679	694.167	-60.423	29.449	-29.449	2380.386	1566.898	P6

< 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	
111	113	-362.839	-908.334	-374.271	59.986	-669.809	27.633	-27.633	-1557.824	-2342.886	P1
	114	-320.720	-788.539	-326.816	94.482	-588.914	27.633	-27.633	-1313.960	-2052.623	
112	114	-321.174	-804.187	-294.116	87.358	-579.458	28.190	-28.190	-1303.930	-2027.125	
	115	-243.982	-588.248	-208.575	195.810	-448.536	28.190	-28.190	-816.806	-1517.530	
113	115	-231.014	-565.098	-201.277	143.262	-479.785	28.235	-28.235	-825.892	-1505.409	
	116	-149.391	-349.204	-115.755	280.112	-363.563	28.235	-28.235	-306.002	-1006.147	
114	116	-134.124	-318.826	-116.438	207.944	-416.019	28.187	-28.187	-333.257	-1013.594	
	117	-48.053	-102.928	-30.914	333.523	-305.425	28.187	-28.187	179.815	-515.508	
115	117	-33.345	-72.786	-33.584	255.445	-367.020	28.224	-28.224	143.955	-534.958	
	118	52.732	143.125	51.946	376.035	-257.887	28.224	-28.224	652.062	-38.309	
116	118	66.927	171.910	49.623	310.293	-331.495	28.389	-28.389	627.142	-71.424	
	119	153.011	387.840	135.160	418.740	-216.144	28.389	-28.389	1123.140	431.478	
117	119	167.095	415.541	134.125	368.006	-294.550	28.739	-28.739	1113.506	393.473	
	120	253.170	631.447	219.652	471.355	-181.458	28.739	-28.739	1604.363	894.072	
118	120	267.498	658.371	222.358	454.035	-252.663	29.411	-29.411	1631.673	866.153	
	121	360.237	874.263	307.880	548.676	-141.926	29.411	-29.411	2120.466	1371.043	
119	121	373.960	896.748	320.892	559.264	-202.275	30.473	-30.473	2181.338	1358.852	
	122	477.829	1112.671	406.426	658.571	-94.362	30.473	-30.473	2685.970	1872.090	
120	122	487.106	1120.550	441.101	684.280	-133.105	32.106	-32.106	2765.143	1883.546	
	123	602.086	1336.465	526.632	791.953	-71.123	32.106	-32.106	3289.242	2361.954	

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	
121	123	603.116	1319.166	588.684	834.925	-138.438	34.071	-34.071	3379.962	2338.457	
	124	694.204	1470.313	648.558	918.424	-118.433	34.071	-34.071	3765.571	2660.571	P2
122	124	-609.500	-1265.390	-581.818	153.879	-897.622	68.518	-68.518	-2234.310	-3422.848	P2
	125	-518.436	-1114.284	-521.960	175.755	-812.774	68.518	-68.518	-1910.406	-3035.973	
123	125	-517.999	-1133.316	-459.698	114.093	-771.724	66.384	-66.384	-1930.536	-2949.122	
	126	-403.009	-917.383	-374.160	163.056	-662.896	66.384	-66.384	-1465.112	-2423.833	
124	126	-394.095	-910.630	-339.218	134.862	-636.988	64.711	-64.711	-1444.371	-2345.643	
	127	-290.237	-694.727	-253.692	221.199	-537.319	64.711	-64.711	-952.745	-1840.684	
125	127	-276.782	-673.136	-240.520	169.192	-526.633	63.701	-63.701	-957.546	-1780.772	
	128	-185.513	-457.213	-154.986	277.885	-432.399	63.701	-63.701	-456.127	-1293.813	
126	128	-171.076	-430.309	-152.011	210.791	-439.844	63.139	-63.139	-479.465	-1256.379	
	129	-87.971	-214.410	-66.486	326.722	-349.635	63.139	-63.139	20.995	-781.641	
127	129	-73.799	-187.086	-66.730	266.222	-369.888	62.988	-62.988	1.596	-760.490	
	130	9.301	28.800	18.790	373.686	-283.573	62.988	-62.988	493.565	-289.671	
128	130	23.481	56.215	18.450	333.321	-322.056	63.165	-63.165	494.632	-287.075	
	131	106.595	272.136	103.983	427.467	-230.103	63.165	-63.165	973.346	189.446	
129	131	120.922	298.991	106.553	416.399	-275.242	63.777	-63.777	1006.641	187.446	
	132	212.187	514.907	192.084	510.823	-192.890	63.777	-63.777	1493.778	662.511	
130	132	225.681	537.078	204.438	520.241	-230.685	64.847	-64.847	1552.285	671.663	
	133	329.546	752.994	289.970	620.062	-160.969	64.847	-64.847	2057.418	1146.693	
131	133	338.356	760.378	323.266	643.567	-191.893	66.737	-66.737	2132.303	1163.370	
	134	453.318	976.259	408.783	752.255	-141.366	66.737	-66.737	2657.351	1630.257	
132	134	453.111	956.888	468.255	789.991	-194.233	69.426	-69.426	2737.671	1614.595	
	135	544.208	1108.051	528.136	874.457	-172.575	69.426	-69.426	3124.278	1938.394	P3
133	135	-576.802	-1188.184	-552.018	162.279	-885.040	76.440	-76.440	-2078.286	-3278.484	P3
	136	-485.739	-1037.080	-492.161	184.464	-800.581	76.440	-76.440	-1754.077	-2892.002	
134	136	-485.733	-1055.871	-432.613	130.882	-762.869	73.722	-73.722	-1769.614	-2810.808	
	137	-370.737	-839.927	-347.071	182.472	-654.121	73.722	-73.722	-1301.541	-2285.578	
135	137	-361.818	-832.252	-313.733	152.341	-630.601	71.825	-71.825	-1283.638	-2210.229	
	138	-257.970	-616.371	-228.216	222.320	-530.788	71.825	-71.825	-808.412	-1705.169	
136	138	-244.336	-593.840	-215.861	184.572	-521.389	70.755	-70.755	-798.710	-1646.181	
	139	-153.072	-377.929	-130.331	275.722	-427.004	70.755	-70.755	-314.855	-1159.091	
137	139	-138.794	-351.180	-127.835	223.815	-434.839	70.165	-70.165	-323.828	-1122.813	
	140	-55.687	-135.276	-42.309	324.116	-344.378	70.165	-70.165	161.010	-647.815	
138	140	-41.577	-107.999	-42.776	278.052	-370.923	70.011	-70.011	155.711	-633.285	
	141	41.546	107.946	42.767	371.138	-277.989	70.011	-70.011	633.407	-155.741	
139	141	55.661	135.234	42.301	344.398	-323.828	70.194	-70.194	647.789	-160.827	
	142	138.768	351.138	127.827	434.882	-223.718	70.194	-70.194	1122.809	323.821	
140	142	153.060	377.919	130.327	427.045	-275.266	70.822	-70.822	1159.173	315.218	
	143	244.324	593.830	215.856	521.497	-184.378	70.822	-70.822	1646.330	798.810	
141	143	257.981	616.405	228.214	530.906	-221.917	71.945	-71.945	1705.450	808.738	
	144	361.829	832.287	313.732	630.772	-152.048	71.945	-71.945	2210.563	1283.854	
142	144	370.773	840.000	347.068	654.155	-181.802	73.910	-73.910	2285.906	1302.130	
	145	485.769	1055.944	432.611	762.912	-129.901	73.910	-73.910	2811.146	1770.514	
143	145	485.793	1037.160	492.150	800.183	-182.458	76.687	-76.687	2891.973	1755.958	
	146	576.855	1188.264	552.007	884.378	-160.253	76.687	-76.687	3278.193	2080.187	P4
144	146	-544.193	-1108.063	-528.169	170.478	-873.930	69.141	-69.141	-1940.805	-3123.497	P4
	147	-453.096	-956.901	-468.288	192.250	-789.776	69.141	-69.141	-1616.893	-2737.202	
145	147	-453.297	-976.249	-408.802	140.626	-752.256	66.535	-66.535	-1631.187	-2657.138	
	148	-338.335	-760.369	-323.284	190.988	-643.621	66.535	-66.535	-1164.466	-2132.143	
146	148	-329.529	-752.981	-289.986	160.683	-620.155	64.726	-64.726	-1147.086	-2057.378	
	149	-225.664	-537.065	-204.454	230.331	-520.325	64.726	-64.726	-672.125	-1552.234	

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	
147	149	-212.187	-514.926	-192.093	192.687	-510.811	63.713	-63.713	-662.805	-1493.730	
	150	-120.921	-299.010	-106.562	274.868	-416.346	63.713	-63.713	-187.911	-1006.552	
148	150	-106.608	-272.181	-103.992	229.960	-427.617	63.136	-63.136	-189.686	-973.534	
	151	-23.495	-56.260	-18.459	321.848	-333.289	63.136	-63.136	286.770	-494.638	
149	151	-9.321	-28.856	-18.797	283.498	-373.788	62.972	-62.972	289.497	-493.734	
	152	73.779	187.029	66.723	369.805	-266.187	62.972	-62.972	760.309	-1.628	
150	152	87.966	214.397	66.495	349.603	-326.796	63.115	-63.115	781.576	-21.054	
	153	171.071	430.296	152.019	439.807	-210.793	63.115	-63.115	1256.308	479.478	
151	153	185.560	457.344	155.023	432.421	-277.947	63.649	-63.649	1293.997	456.331	
	154	276.829	673.267	240.557	526.628	-169.270	63.649	-63.649	1780.930	957.734	
152	154	290.349	695.034	253.748	537.355	-221.238	64.636	-64.636	1841.123	953.258	
	155	394.208	910.938	339.275	637.065	-134.933	64.636	-64.636	2346.122	1444.852	
153	155	403.028	917.448	374.142	662.820	-163.114	66.378	-66.378	2423.816	1465.127	
	156	518.018	1133.381	459.680	771.690	-114.275	66.378	-66.378	2949.147	1930.426	
154	156	517.664	1112.308	521.535	812.254	-176.102	68.912	-68.912	3032.673	1906.493	
	157	608.728	1263.414	581.393	897.070	-154.229	68.912	-68.912	3419.516	2230.394	P5
155	157	-693.421	-1468.297	-648.128	115.533	-916.958	34.463	-34.463	-2659.851	-3761.267	P5
	158	-602.333	-1317.150	-588.254	135.895	-833.498	34.463	-34.463	-2337.379	-3375.697	
156	158	-602.137	-1336.572	-526.624	71.045	-791.981	32.091	-32.091	-2362.197	-3289.405	
	159	-487.157	-1120.657	-441.093	133.109	-684.342	32.091	-32.091	-1883.706	-2765.339	
157	159	-477.988	-1113.053	-406.501	94.357	-658.895	30.386	-30.386	-1872.800	-2686.822	
	160	-374.120	-897.131	-320.967	202.254	-559.609	30.386	-30.386	-1359.578	-2182.212	
158	160	-360.314	-874.446	-307.942	141.903	-548.972	29.348	-29.348	-1371.451	-2121.021	
	161	-267.575	-658.554	-222.420	252.626	-454.366	29.348	-29.348	-866.576	-1632.262	
159	161	-253.181	-631.474	-219.675	181.438	-471.405	28.708	-28.708	-894.184	-1604.444	
	162	-167.106	-415.568	-134.147	294.530	-368.227	28.708	-28.708	-393.583	-1113.757	
160	162	-152.996	-387.802	-135.159	216.137	-418.760	28.382	-28.382	-431.437	-1123.098	
	163	-66.912	-171.872	-49.622	331.483	-310.315	28.382	-28.382	71.460	-627.102	
161	163	-52.715	-143.085	-51.933	257.902	-376.035	28.232	-28.232	38.401	-652.000	
	164	33.362	72.826	33.597	367.020	-255.443	28.232	-28.232	535.036	-143.892	
162	164	48.084	103.003	30.948	305.460	-333.490	28.217	-28.217	515.712	-179.672	
	165	134.155	318.900	116.472	416.057	-207.910	28.217	-28.217	1013.800	333.400	
163	165	149.469	349.391	115.813	363.659	-280.043	28.297	-28.297	1006.629	306.333	
	166	231.092	565.285	201.336	479.878	-143.212	28.297	-28.297	1505.887	826.204	
164	166	244.090	588.498	208.618	448.400	-195.759	28.255	-28.255	1517.861	817.192	
	167	321.281	804.438	294.159	579.549	-86.966	28.255	-28.255	2027.683	1304.657	
165	167	320.484	787.908	326.671	589.446	-95.256	27.491	-27.491	2052.001	1312.317	
	168	362.603	907.704	374.126	670.404	-61.079	27.491	-27.491	2342.328	1555.862	P6

< TORSION MOMENT >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-25.511	-163.753	-109.266	640.848	-749.760	7.613	-7.613	349.931	-1055.902	P1
	2	-25.511	-141.114	-75.038	597.226	-742.611	7.613	-7.613	363.176	-991.886	
2	2	-18.620	-166.837	-129.466	732.247	-898.719	5.239	-5.239	422.563	-1218.881	
	3	-18.620	-126.056	-67.807	729.629	-885.535	5.239	-5.239	522.384	-1103.257	
3	3	-18.758	-143.177	-98.047	623.621	-796.780	4.204	-3.446	367.843	-1060.209	
	4	-18.758	-102.396	-36.390	614.290	-783.596	4.204	-3.446	460.949	-944.586	
4	4	-13.928	-99.287	-68.590	502.713	-608.717	3.653	-2.878	324.561	-793.400	
	5	-13.928	-58.505	-6.931	451.807	-595.532	3.653	-2.878	376.095	-677.775	
5	5	-3.661	-40.235	-46.417	386.688	-470.038	2.723	-3.797	299.098	-564.148	
	6	-3.661	0.557	15.258	362.993	-470.038	2.723	-3.797	377.869	-461.681	
6	6	7.466	19.845	-27.090	458.850	-368.891	3.779	-4.784	462.850	-373.454	
	7	7.466	60.624	34.564	458.850	-395.378	3.779	-4.784	565.283	-297.508	
7	7	14.592	67.028	-4.919	568.844	-439.014	5.714	-5.778	651.259	-368.092	
	8	14.592	107.810	56.741	582.029	-472.531	5.714	-5.778	766.886	-299.167	
8	8	14.121	90.406	22.789	721.358	-585.605	7.918	-7.918	856.591	-466.207	
	9	14.121	131.193	84.456	734.545	-588.139	7.918	-7.918	972.231	-366.288	
9	9	4.693	80.768	49.377	844.108	-695.717	8.808	-8.808	987.754	-569.687	
	10	4.693	121.552	111.040	857.294	-702.564	8.808	-8.808	1103.387	-474.086	
10	10	-6.236	47.648	52.987	872.459	-745.417	7.823	-7.823	974.680	-658.842	
	11	-6.236	88.431	114.649	885.644	-797.447	7.823	-7.823	1090.311	-608.426	
11	11	-6.223	24.627	11.762	845.388	-805.823	9.327	-7.775	884.881	-783.431	
	12	-6.223	53.174	54.922	851.949	-816.031	9.327	-7.775	963.150	-721.932	P2
12	12	45.165	69.482	-49.326	838.980	-793.229	6.678	-11.920	910.980	-739.828	P2
	13	45.165	98.029	-6.165	839.036	-787.760	6.678	-11.920	982.743	-662.651	
13	13	43.679	28.810	-108.818	747.885	-781.441	4.472	-5.519	716.029	-823.289	
	14	43.679	69.596	-47.152	709.761	-768.254	4.472	-5.519	780.357	-707.650	
14	14	27.865	-17.596	-106.592	656.020	-743.629	3.970	-3.562	563.668	-843.513	
	15	27.865	23.192	-44.924	604.926	-730.442	3.970	-3.562	615.030	-727.870	
15	15	12.272	-43.121	-81.040	539.362	-615.897	3.415	-4.434	430.888	-732.220	
	16	12.272	-2.337	-19.378	489.041	-602.711	3.415	-4.434	483.012	-616.588	
16	16	2.422	-43.421	-54.088	431.468	-480.983	2.540	-4.122	338.922	-580.191	
	17	2.422	-2.641	7.567	355.161	-468.665	2.540	-4.122	365.050	-465.439	
17	17	-2.212	-26.860	-31.085	377.714	-391.662	2.398	-3.802	319.956	-455.620	
	18	-2.212	13.925	30.579	382.415	-386.893	2.398	-3.802	427.104	-348.403	
18	18	-5.913	-7.720	-7.885	466.639	-362.113	3.687	-3.563	448.807	-387.195	
	19	-5.913	33.063	53.775	473.985	-432.523	3.687	-3.563	558.596	-355.162	
19	19	-12.957	-0.173	19.437	596.979	-488.608	4.893	-4.827	608.178	-487.128	
	20	-12.957	40.609	81.096	610.164	-541.125	4.893	-4.827	723.805	-437.204	
20	20	-24.035	-12.615	45.787	730.316	-607.244	5.921	-5.921	745.373	-604.029	
	21	-24.035	28.175	107.458	743.504	-657.104	5.921	-5.921	861.022	-551.427	
21	21	-31.936	-35.809	50.131	773.963	-692.821	5.965	-5.965	762.312	-716.401	
	22	-31.936	4.974	111.792	787.148	-750.679	5.965	-5.965	877.942	-671.814	
22	22	-23.930	-35.559	11.941	783.164	-799.591	4.939	-4.939	740.555	-852.077	
	23	-23.930	-7.010	55.105	788.633	-799.535	4.939	-4.939	817.737	-780.309	P3
23	23	8.836	-31.183	-63.244	799.626	-804.568	2.548	-3.458	716.583	-893.618	P3
	24	8.836	-2.637	-20.085	799.682	-799.100	2.548	-3.458	788.344	-816.443	
24	24	18.680	-38.883	-118.806	750.626	-800.455	3.970	-5.527	615.586	-944.992	
	25	18.680	1.903	-57.140	689.404	-787.269	3.970	-5.527	656.818	-829.352	

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
25	25	12.202	-58.665	-113.603	655.213	-753.303	4.026	-5.944	499.171	-919.314	
	26	12.202	-17.882	-51.942	609.088	-740.117	4.026	-5.944	555.491	-803.684	
26	26	3.315	-65.656	-85.879	538.393	-618.122	3.593	-5.572	393.766	-771.914	
	27	3.315	-24.876	-24.222	489.272	-604.938	3.593	-5.572	447.083	-656.292	
27	27	-0.287	-49.539	-56.395	430.445	-481.920	3.098	-4.566	327.322	-592.707	
	28	-0.287	-8.751	5.272	356.998	-468.750	3.098	-4.566	356.330	-477.082	
28	28	-0.100	-20.595	-30.872	384.624	-389.052	3.744	-3.674	336.801	-444.293	
	29	-0.100	20.184	30.783	389.383	-384.342	3.744	-3.674	443.993	-337.150	
29	29	0.103	8.375	-5.354	469.395	-357.323	4.620	-3.021	477.139	-357.219	
	30	0.103	49.162	56.314	482.569	-431.204	4.620	-3.021	592.768	-328.646	
30	30	-3.442	24.627	24.168	605.008	-489.361	5.600	-3.338	655.962	-447.345	
	31	-3.442	65.408	85.825	618.193	-538.651	5.600	-3.338	771.585	-394.197	
31	31	-12.186	17.958	51.950	738.339	-607.801	5.929	-3.542	801.989	-553.622	
	32	-12.186	58.741	113.611	751.524	-654.053	5.929	-3.542	917.619	-497.430	
32	32	-18.390	-1.177	57.250	781.996	-683.316	5.448	-3.151	825.126	-648.785	
	33	-18.390	39.610	118.916	795.183	-746.358	5.448	-3.151	940.766	-609.372	
33	33	-8.235	4.133	20.266	787.556	-788.273	3.315	-2.593	807.034	-774.702	
	34	-8.235	32.679	63.425	793.024	-788.216	3.315	-2.593	884.207	-702.941	P4
34	34	24.877	9.085	-54.627	796.667	-785.511	6.121	-6.121	782.123	-812.297	P4
	35	24.877	37.634	-11.464	796.723	-780.043	6.121	-6.121	853.891	-735.116	
35	35	32.686	-3.289	-111.422	749.737	-785.361	6.817	-6.817	674.529	-874.204	
	36	32.686	37.494	-49.760	691.058	-772.176	6.817	-6.817	718.294	-758.574	
36	36	24.668	-26.708	-107.126	656.694	-743.076	6.466	-6.466	553.994	-858.708	
	37	24.668	14.082	-45.454	606.447	-729.889	6.466	-6.466	606.209	-743.059	
37	37	13.596	-39.080	-80.739	540.853	-610.828	5.199	-5.872	439.830	-722.922	
	38	13.596	1.702	-19.080	488.077	-597.643	5.199	-5.872	489.495	-607.295	
38	38	6.662	-31.224	-53.341	432.196	-476.198	3.848	-4.885	358.141	-558.986	
	39	6.662	9.559	8.320	362.242	-468.012	3.848	-4.885	390.631	-448.356	
39	39	3.183	-11.502	-30.021	388.504	-385.066	4.119	-3.871	354.284	-427.277	
	40	3.183	29.282	31.642	393.182	-380.274	4.119	-3.871	461.409	-320.037	
40	40	-1.098	5.985	-6.825	469.666	-356.889	4.583	-3.058	472.311	-361.884	
	41	-1.098	46.764	54.830	482.832	-431.773	4.583	-3.058	587.912	-334.333	
41	41	-10.402	7.110	20.413	601.647	-489.252	5.136	-2.902	623.904	-475.034	
	42	-10.402	47.894	82.075	614.833	-539.999	5.136	-2.902	739.536	-423.334	
42	42	-25.080	-15.982	46.489	729.519	-606.195	4.706	-3.246	739.653	-604.014	
	43	-25.080	24.806	108.157	742.706	-657.757	4.706	-3.246	855.296	-553.120	
43	43	-38.955	-57.220	49.811	766.469	-710.003	3.837	-3.302	723.942	-759.668	
	44	-38.955	-16.434	111.477	779.656	-752.033	3.837	-3.302	839.581	-699.246	
44	44	-36.276	-74.740	10.943	787.481	-833.114	2.003	-3.175	689.410	-936.363	
	45	-36.276	-46.193	54.104	792.950	-833.059	2.003	-3.175	766.587	-864.599	P5
45	45	-3.436	-77.358	-59.844	795.774	-845.525	9.310	-9.310	664.446	-995.472	P5
	46	-3.436	-48.811	-16.684	790.196	-838.962	9.310	-9.310	730.575	-917.202	
46	46	1.324	-100.740	-117.281	785.954	-889.189	10.425	-10.425	579.682	-1116.311	
	47	1.324	-59.956	-55.619	733.264	-876.003	10.425	-10.425	629.439	-1000.679	
47	47	-7.188	-127.890	-112.413	697.925	-861.093	10.152	-10.152	460.585	-1118.737	
	48	-7.188	-87.106	-50.750	690.820	-847.907	10.152	-10.152	555.929	-1003.104	
48	48	-15.464	-134.684	-85.192	586.370	-738.143	8.615	-8.615	359.646	-982.098	
	49	-15.464	-93.897	-23.525	583.506	-724.956	8.615	-8.615	459.235	-866.457	
49	49	-15.252	-109.589	-57.105	472.238	-581.386	6.024	-6.024	296.316	-769.357	
	50	-15.252	-68.807	4.554	439.689	-568.201	6.024	-6.024	366.208	-653.730	
50	50	-7.617	-61.118	-34.651	394.689	-460.565	3.917	-3.171	295.220	-567.122	
	51	-7.617	-20.339	27.003	367.412	-460.565	3.917	-3.171	370.375	-464.689	

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	
51	51	4.020	0.232	-15.049	469.070	-359.807	2.855	-2.432	461.128	-373.037	
	52	4.020	41.015	46.613	469.070	-387.481	2.855	-2.432	563.574	-298.264	
52	52	14.574	60.015	7.239	589.313	-450.290	2.052	-3.770	673.194	-372.232	
	53	14.574	100.805	68.910	602.501	-499.326	2.052	-3.770	788.842	-318.807	
53	53	20.002	105.441	37.082	775.702	-611.570	4.264	-4.781	942.491	-453.826	
	54	20.002	146.222	98.740	788.887	-618.337	4.264	-4.781	1058.114	-358.154	
54	54	20.813	131.560	69.083	873.788	-725.061	7.168	-6.659	1102.413	-510.263	
	55	20.813	172.341	130.742	886.973	-725.814	7.168	-6.659	1218.038	-408.576	
55	55	30.259	153.197	77.642	726.444	-590.861	13.234	-10.487	1000.775	-340.250	
	56	30.259	175.836	111.871	733.594	-629.591	13.234	-10.487	1064.793	-322.113	P6

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-30.382	-168.249	93.028	924.756	-985.284	4.848	-5.916	824.001	-1096.803	P1
	58	-30.382	-151.826	94.065	893.981	-962.944	4.848	-5.916	810.687	-1057.002	
57	58	-52.102	-248.543	100.795	1134.123	-1237.722	5.545	-5.588	939.818	-1443.160	
	59	-52.102	-218.949	102.665	1088.475	-1202.993	5.545	-5.588	925.633	-1376.968	
58	59	-43.398	-203.239	78.889	968.658	-1058.359	4.586	-5.298	805.496	-1231.404	
	60	-43.398	-173.644	80.758	923.523	-1023.289	4.586	-5.298	791.825	-1164.871	
59	60	-25.825	-126.042	47.414	709.918	-766.421	3.683	-5.345	609.148	-876.220	
	61	-25.825	-96.446	49.283	665.866	-732.203	3.683	-5.345	596.560	-810.536	
60	61	-4.407	-35.787	12.040	500.615	-512.456	5.295	-5.621	477.756	-546.231	
	62	-4.407	-6.196	13.909	440.917	-464.155	5.295	-5.621	449.518	-466.470	
61	62	17.936	55.472	-21.572	480.751	-448.694	7.583	-7.509	540.171	-404.366	
	63	17.936	85.065	-19.703	514.025	-491.943	7.583	-7.509	604.907	-416.153	
62	63	36.038	132.425	-52.907	696.488	-639.062	10.481	-10.481	822.526	-533.986	
	64	36.038	162.021	-51.037	730.597	-683.170	10.481	-10.481	888.100	-546.628	
63	64	50.130	193.093	-76.344	894.379	-809.119	13.078	-13.078	1074.336	-655.318	
	65	50.130	222.687	-74.475	929.029	-853.920	13.078	-13.078	1140.449	-668.655	
64	65	57.689	221.828	-83.694	1064.744	-944.527	14.650	-14.650	1275.217	-763.354	
	66	57.689	251.420	-81.825	1099.573	-989.834	14.650	-14.650	1341.506	-777.200	
65	66	56.061	200.468	-67.030	1121.163	-990.767	13.754	-13.754	1324.417	-815.022	
	67	56.061	230.065	-65.161	1156.010	-1036.715	13.754	-13.754	1390.730	-829.503	
66	67	48.832	136.706	-23.286	1054.648	-923.548	10.080	-12.502	1226.980	-773.797	
	68	48.832	157.419	-21.978	1081.351	-959.087	10.080	-12.502	1275.704	-787.316	P2
67	68	-4.040	-18.750	17.130	869.617	-938.729	10.327	-5.819	874.283	-950.209	P2
	69	-4.040	1.968	18.439	839.549	-911.760	10.327	-5.819	866.243	-901.213	
68	69	-14.715	-102.027	60.009	936.672	-1013.111	8.998	-6.192	888.935	-1076.037	
	70	-14.715	-72.434	61.878	890.649	-978.016	8.998	-6.192	874.375	-1009.479	
69	70	-21.088	-136.290	74.355	879.783	-950.644	8.326	-8.580	805.086	-1042.248	
	71	-21.088	-106.695	76.224	834.415	-915.699	8.326	-8.580	791.182	-975.839	
70	71	-19.657	-122.896	62.738	737.588	-787.856	7.806	-8.938	665.580	-876.610	
	72	-19.657	-93.304	64.606	692.564	-753.132	7.806	-8.938	652.015	-810.425	
71	72	-12.928	-80.149	34.429	572.229	-605.519	7.566	-8.249	521.147	-672.416	
	73	-12.928	-50.554	36.298	527.843	-571.340	7.566	-8.249	508.224	-606.773	
72	73	-3.789	-26.108	-0.842	406.311	-422.658	7.853	-7.459	383.425	-460.856	
	74	-3.789	3.485	1.027	406.338	-409.615	7.853	-7.459	414.913	-416.351	
73	74	6.201	30.219	-35.833	554.851	-516.705	8.593	-8.298	564.031	-524.416	
	75	6.201	59.816	-33.964	589.076	-561.101	8.593	-8.298	629.722	-537.345	

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	
75	76	18.819	100.215	-76.801	917.156	-833.984	9.051	-9.051	968.440	-800.803	
	77	18.819	129.811	-74.931	952.083	-879.368	9.051	-9.051	1034.833	-814.720	
76	77	15.815	78.665	-65.424	993.162	-899.435	7.073	-7.073	1029.291	-877.452	
	78	15.815	108.257	-63.555	1028.213	-945.495	7.073	-7.073	1095.803	-892.052	
77	78	7.992	17.991	-27.490	945.606	-855.739	2.110	-1.456	946.209	-858.702	
	79	7.992	38.705	-26.182	972.544	-891.423	2.110	-1.456	995.169	-872.363	P3
78	79	-22.892	-76.997	18.756	890.276	-978.197	2.629	-1.516	811.772	-1060.847	P3
	80	-22.892	-56.279	20.064	854.486	-951.291	2.629	-1.516	798.008	-1011.913	
79	80	-30.146	-145.062	56.251	944.910	-1033.612	4.495	-5.853	830.448	-1158.422	
	81	-30.146	-115.468	58.120	898.811	-998.584	4.495	-5.853	815.812	-1091.931	
80	81	-31.091	-161.641	69.068	879.214	-957.248	7.048	-8.379	762.598	-1089.291	
	82	-31.091	-132.050	70.937	833.849	-922.356	7.048	-8.379	748.693	-1022.939	
81	82	-24.653	-133.909	57.994	733.391	-781.722	7.623	-8.750	640.447	-891.039	
	83	-24.653	-104.313	59.863	688.366	-746.945	7.623	-8.750	626.887	-824.798	
82	83	-13.317	-79.173	31.651	564.560	-594.406	7.175	-7.801	510.895	-663.046	
	84	-13.317	-49.579	33.520	520.174	-560.197	7.175	-7.801	497.973	-597.374	
83	84	-0.134	-15.090	-0.988	402.129	-409.778	6.912	-6.912	392.829	-432.901	
	85	-0.134	14.498	0.881	410.768	-401.677	6.912	-6.912	432.924	-393.344	
84	85	13.066	49.022	-33.620	562.113	-521.791	7.859	-7.087	598.441	-500.409	
	86	13.066	78.617	-31.751	596.342	-566.198	7.859	-7.087	664.134	-513.352	
85	86	24.463	103.876	-59.940	749.283	-690.508	8.788	-7.387	826.471	-629.495	
	87	24.463	133.472	-58.070	784.072	-735.537	8.788	-7.387	892.725	-643.059	
86	87	31.046	131.900	-70.970	923.483	-834.949	8.376	-6.547	1023.835	-749.520	
	88	31.046	161.492	-69.101	958.378	-880.312	8.376	-6.547	1090.190	-763.422	
87	88	30.362	115.837	-58.100	996.326	-897.319	5.778	-3.574	1090.203	-812.794	
	89	30.362	145.431	-56.230	1031.394	-943.396	5.778	-3.574	1156.735	-827.408	
88	89	23.357	57.107	-20.049	946.177	-850.776	2.837	-2.837	1009.429	-793.199	
	90	23.357	77.826	-18.741	973.137	-886.540	2.837	-2.837	1058.416	-806.936	P4
89	90	-7.225	-36.940	26.502	881.035	-960.784	2.262	-2.262	865.634	-980.709	P4
	91	-7.225	-16.225	27.810	845.272	-933.813	2.262	-2.262	851.894	-931.714	
90	91	-15.322	-107.139	63.716	939.221	-1020.945	7.903	-7.903	888.378	-1087.594	
	92	-15.322	-77.548	65.585	893.145	-985.877	7.903	-7.903	873.763	-1021.066	
91	92	-18.580	-129.276	74.984	876.789	-949.071	9.335	-9.335	813.251	-1031.278	
	93	-18.580	-99.680	76.854	831.413	-914.149	9.335	-9.335	799.341	-964.890	
92	93	-14.664	-107.648	62.316	731.615	-775.601	9.148	-9.148	680.767	-844.744	
	94	-14.664	-78.057	64.185	686.588	-740.809	9.148	-9.148	667.200	-778.492	
93	94	-6.444	-60.475	33.770	561.583	-588.029	7.903	-8.099	536.337	-629.276	
	95	-6.444	-30.878	35.639	517.187	-553.796	7.903	-8.099	523.408	-563.577	
94	95	3.193	-5.044	-1.418	406.712	-403.521	7.035	-6.871	410.477	-413.661	
	96	3.193	24.549	0.451	419.047	-405.744	7.035	-6.871	454.274	-384.422	
95	96	11.792	47.624	-36.971	566.175	-526.908	7.645	-6.100	596.265	-510.563	
	97	11.792	77.218	-35.101	600.374	-571.293	7.645	-6.100	661.928	-523.484	
96	97	17.679	88.258	-65.684	747.134	-691.197	8.058	-5.546	795.445	-656.490	
	98	17.679	117.850	-63.815	781.908	-736.203	8.058	-5.546	861.679	-670.036	
97	98	17.831	98.474	-77.892	914.098	-831.296	7.311	-4.228	959.822	-797.110	
	99	17.831	128.069	-76.022	949.032	-876.669	7.311	-4.228	1026.221	-811.019	
98	99	9.394	59.105	-64.514	977.258	-886.418	4.282	-2.992	985.526	-885.424	
	100	9.394	88.698	-62.644	1012.317	-932.494	4.282	-2.992	1052.047	-900.037	
99	100	-4.977	-24.569	-22.859	911.552	-837.284	5.771	-5.771	864.917	-895.461	
	101	-4.977	-3.851	-21.551	938.427	-862.313	5.771	-5.771	913.819	-898.463	P5
100	101	-40.579	-135.817	26.191	962.554	-1065.613	5.854	-5.854	818.202	-1221.672	P5
	102	-40.579	-115.104	27.499	926.917	-1038.758	5.854	-5.854	804.587	-1172.796	

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	
101	102	-51.113	-217.131	67.690	1039.162	-1147.005	11.218	-11.218	849.826	-1358.776	
	103	-51.113	-187.533	69.559	993.177	-1112.059	11.218	-11.218	835.308	-1292.364	
102	103	-54.460	-243.075	83.472	992.214	-1093.240	12.987	-12.987	791.136	-1320.290	
	104	-54.460	-213.483	85.341	946.893	-1058.380	12.987	-12.987	777.277	-1253.970	
103	104	-48.036	-217.346	75.561	854.876	-922.876	11.977	-11.977	677.033	-1124.673	
	105	-48.036	-187.752	77.430	810.062	-888.233	11.977	-11.977	663.682	-1058.566	
104	105	-34.782	-158.883	51.730	683.464	-728.033	9.817	-9.817	551.346	-879.784	
	106	-34.782	-129.293	53.598	639.346	-693.932	9.817	-9.817	538.686	-814.225	
105	106	-17.490	-83.999	19.888	491.808	-514.095	7.274	-7.799	417.480	-603.496	
	107	-17.490	-54.401	21.757	448.169	-480.835	7.274	-7.799	405.310	-538.768	
106	107	4.241	5.695	-14.044	464.926	-440.730	6.197	-6.213	467.014	-451.051	
	108	4.241	35.286	-12.176	513.207	-500.444	6.197	-6.213	546.755	-479.305	
107	108	24.913	94.045	-49.830	736.928	-665.565	6.201	-5.542	812.258	-601.979	
	109	24.913	123.641	-47.961	771.140	-709.642	6.201	-5.542	877.935	-614.592	
108	109	41.523	168.801	-81.792	1029.317	-923.502	6.621	-5.889	1164.470	-800.859	
	110	41.523	198.396	-79.923	1064.370	-968.666	6.621	-5.889	1230.986	-814.559	
109	110	48.829	210.579	-104.416	1210.811	-1088.925	7.694	-7.824	1373.498	-941.757	
	111	48.829	240.174	-102.547	1245.553	-1134.593	7.694	-7.824	1439.703	-955.961	
110	111	24.762	137.558	-97.010	971.148	-894.188	9.457	-12.721	1045.916	-841.598	
	112	24.762	153.982	-95.973	993.595	-924.916	9.457	-12.721	1085.824	-854.866	P6

< 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	
111	113	-86.837	-287.761	203.181	588.046	-655.998	3.311	-3.311	419.940	-830.726	P1
	114	-86.837	-273.220	140.799	586.988	-654.788	3.311	-3.311	371.041	-877.357	
112	114	-103.440	-342.748	265.434	734.660	-838.962	3.811	-3.803	557.717	-1023.518	
	115	-103.440	-316.536	152.986	732.740	-837.065	3.811	-3.803	469.561	-1107.858	
113	115	-77.099	-261.843	216.740	663.911	-716.469	3.804	-2.423	545.512	-841.095	
	116	-77.099	-235.637	104.316	661.991	-714.736	3.804	-2.423	457.375	-925.580	
114	116	-42.933	-154.997	154.232	517.992	-556.208	3.130	-3.441	477.426	-603.346	
	117	-42.933	-128.790	41.807	516.073	-519.357	3.130	-3.441	389.287	-652.713	
115	117	-10.173	-47.569	90.319	429.268	-408.737	2.854	-4.308	464.699	-380.468	
	118	-10.173	-21.360	-22.113	429.268	-356.952	2.854	-4.308	378.475	-414.908	
116	118	20.383	54.008	28.626	363.590	-423.504	4.645	-5.153	471.252	-325.640	
	119	20.383	80.219	-83.817	414.519	-423.504	4.645	-5.153	435.949	-411.871	
117	119	48.805	146.816	-31.357	493.176	-509.683	6.611	-6.611	664.052	-352.029	
	120	48.805	173.024	-143.787	523.136	-511.603	6.611	-6.611	607.790	-440.171	
118	120	73.328	224.032	-87.447	670.100	-630.081	8.308	-8.308	888.321	-428.477	
	121	73.328	250.238	-199.870	671.840	-632.001	8.308	-8.308	803.844	-516.613	
119	121	89.976	270.855	-123.794	800.545	-727.308	9.384	-9.384	1046.966	-499.655	
	122	89.976	297.065	-236.233	802.304	-729.228	9.384	-9.384	962.496	-587.804	
120	122	84.905	251.600	-111.996	850.484	-752.330	9.212	-9.212	1084.205	-537.033	
	123	84.905	277.809	-224.432	863.738	-754.250	9.212	-9.212	1011.233	-625.180	
121	123	48.357	142.347	-33.096	808.321	-798.712	7.186	-7.186	973.115	-648.291	
	124	48.357	160.694	-111.804	835.206	-798.469	7.186	-7.186	939.639	-708.408	P2
122	124	-0.799	-19.901	104.410	782.797	-810.671	4.405	-4.405	870.912	-731.366	P2
	125	-0.799	-1.559	25.723	783.041	-810.670	4.405	-4.405	810.811	-791.710	
123	125	-41.737	-148.641	215.361	675.653	-792.928	3.947	-2.491	704.583	-770.437	
	126	-41.737	-122.431	102.917	676.001	-738.911	3.947	-2.491	618.698	-802.652	

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	
124	126	-50.772	-178.678	225.102	634.003	-708.348	3.746	-3.839	633.401	-716.534	
	127	-50.772	-152.470	112.673	632.083	-680.889	3.746	-3.839	545.260	-775.296	
125	127	-40.056	-147.588	184.133	531.783	-582.105	3.188	-4.454	531.460	-590.070	
	128	-40.056	-121.378	71.694	529.863	-543.944	3.188	-4.454	443.311	-638.138	
126	128	-22.091	-88.195	122.321	422.544	-455.179	2.308	-4.331	436.887	-447.475	
	129	-22.091	-61.988	9.895	420.624	-378.847	2.308	-4.331	348.748	-457.362	
127	129	-2.702	-20.690	55.499	358.155	-358.007	3.259	-4.054	393.521	-329.954	
	130	-2.702	5.516	-56.921	358.322	-353.689	3.259	-4.054	307.474	-411.850	
128	130	17.586	49.327	-11.083	376.070	-419.493	4.380	-3.785	436.280	-367.448	
	131	17.586	75.537	-123.521	452.426	-419.493	4.380	-3.785	426.408	-453.676	
129	131	37.950	115.613	-72.578	540.166	-527.593	5.324	-4.837	626.475	-451.444	
	132	37.950	141.822	-185.013	579.762	-529.513	5.324	-4.837	579.844	-539.591	
130	132	53.315	160.030	-113.237	681.478	-633.142	5.847	-5.767	787.432	-538.802	
	133	53.315	186.239	-225.673	707.404	-635.062	5.847	-5.767	727.131	-626.949	
131	133	50.546	148.654	-104.470	746.248	-671.356	5.457	-5.457	846.435	-582.084	
	134	50.546	174.859	-216.887	793.925	-673.276	5.457	-5.457	807.900	-670.216	
132	134	16.314	48.531	-30.212	789.817	-769.819	3.215	-3.215	827.664	-738.402	
	135	16.314	66.880	-108.928	789.818	-769.576	3.215	-3.215	767.298	-798.526	P3
133	135	-31.818	-106.471	100.396	767.417	-792.769	2.697	-1.872	732.221	-832.534	P3
	136	-31.818	-88.130	21.711	767.660	-792.768	2.697	-1.872	672.120	-892.877	
134	136	-64.170	-209.797	209.613	677.285	-800.841	3.311	-4.994	616.241	-870.190	
	137	-64.170	-183.585	97.163	675.365	-756.136	3.311	-4.994	528.083	-911.723	
135	137	-65.423	-217.364	219.306	638.460	-712.443	3.698	-5.721	578.677	-781.645	
	138	-65.423	-191.159	106.888	636.540	-689.485	3.698	-5.721	490.545	-844.899	
136	138	-47.443	-166.439	180.196	531.919	-583.255	3.247	-5.310	501.480	-622.252	
	139	-47.443	-140.231	67.763	529.999	-546.497	3.247	-5.310	413.335	-671.719	
137	139	-24.372	-93.345	120.285	419.183	-455.487	3.176	-4.656	424.927	-457.575	
	140	-24.372	-67.137	7.856	418.654	-379.138	3.176	-4.656	338.177	-467.448	
138	140	-0.056	-13.209	56.223	354.754	-355.480	3.811	-3.798	401.522	-316.320	
	141	-0.056	13.004	-56.228	355.697	-355.055	3.811	-3.798	316.228	-402.133	
139	141	24.282	66.984	-7.853	380.149	-419.138	4.663	-3.168	468.226	-338.892	
	142	24.282	93.192	-120.282	456.474	-419.880	4.663	-3.168	458.329	-425.855	
140	142	47.420	140.228	-67.737	547.066	-530.533	5.299	-2.967	672.275	-413.589	
	143	47.420	166.437	-180.170	583.886	-532.453	5.299	-2.967	622.871	-501.734	
141	143	65.505	191.385	-106.836	688.580	-635.481	5.677	-3.220	844.311	-488.647	
	144	65.505	217.590	-219.254	711.702	-637.401	5.677	-3.220	781.221	-576.779	
142	144	64.370	184.042	-97.093	752.633	-672.137	4.903	-2.842	908.856	-523.659	
	145	64.370	210.255	-209.543	797.588	-674.057	4.903	-2.842	867.573	-611.816	
143	145	32.106	88.713	-21.647	785.757	-760.418	1.714	-2.727	886.644	-663.974	
	146	32.106	107.055	-100.332	785.758	-760.175	1.714	-2.727	826.301	-724.074	P4
144	146	-15.996	-66.286	108.977	763.336	-783.346	4.081	-4.081	794.112	-760.733	P4
	147	-15.996	-47.937	30.261	763.579	-783.345	4.081	-4.081	733.988	-821.099	
145	147	-50.204	-174.164	216.983	670.951	-791.520	6.080	-6.080	669.645	-804.985	
	148	-50.204	-147.960	104.566	669.031	-743.470	6.080	-6.080	581.514	-843.148	
146	148	-52.983	-185.506	225.789	634.450	-706.778	6.135	-6.165	627.885	-725.643	
	149	-52.983	-159.297	113.353	632.530	-680.674	6.135	-6.165	539.738	-785.765	
147	149	-37.653	-141.135	185.167	529.776	-580.071	5.023	-5.696	541.178	-579.389	
	150	-37.653	-114.926	72.731	527.856	-540.450	5.023	-5.696	453.031	-625.995	
148	150	-17.292	-74.819	123.699	419.421	-453.084	3.901	-4.848	454.910	-426.343	
	151	-17.292	-48.609	11.261	419.421	-376.752	3.901	-4.848	368.682	-436.240	
149	151	3.060	-4.606	57.161	353.396	-357.774	4.203	-3.927	413.214	-306.085	
	152	3.060	21.599	-55.258	358.303	-357.607	4.203	-3.927	331.907	-392.133	

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	
150	152	22.651	63.451	-9.505	378.779	-419.241	4.592	-3.150	459.969	-345.794	
	153	22.651	89.658	-121.932	455.104	-421.161	4.592	-3.150	450.074	-433.933	
151	153	41.085	124.089	-71.027	542.856	-528.821	4.938	-2.877	641.943	-437.550	
	154	41.085	150.299	-183.466	581.015	-530.741	4.938	-2.877	593.872	-525.699	
152	154	52.613	157.314	-111.612	679.461	-631.396	4.644	-3.276	782.420	-536.357	
	155	52.613	183.521	-224.041	707.095	-633.315	4.644	-3.276	723.833	-624.498	
153	155	44.371	129.320	-101.557	737.369	-674.369	3.135	-3.373	812.637	-605.609	
	156	44.371	155.530	-214.001	791.731	-674.021	3.135	-3.373	780.766	-691.494	
154	156	2.635	6.377	-24.825	810.222	-782.110	3.633	-3.633	798.043	-801.555	
	157	2.635	24.719	-103.511	810.223	-781.867	3.633	-3.633	737.700	-861.657	P5
155	157	-50.133	-165.127	110.989	797.679	-836.185	8.100	-8.100	701.507	-948.556	P5
	158	-50.133	-146.780	32.282	797.922	-808.386	8.100	-8.100	641.390	-981.117	
156	158	-87.572	-284.499	223.122	751.920	-865.727	10.571	-10.571	613.543	-1025.247	
	159	-87.572	-258.290	110.687	750.001	-853.638	10.571	-10.571	525.397	-1099.384	
157	159	-91.833	-301.704	235.217	727.157	-805.189	10.414	-10.414	579.251	-973.922	
	160	-91.833	-275.494	122.779	725.237	-803.430	10.414	-10.414	491.102	-1058.392	
158	160	-74.261	-252.567	199.263	630.748	-673.867	8.900	-8.900	512.083	-810.332	
	161	-74.261	-226.361	86.840	628.829	-672.127	8.900	-8.900	423.946	-894.809	
159	161	-49.163	-173.938	143.519	511.642	-523.421	6.876	-6.876	438.936	-609.880	
	162	-49.163	-147.730	31.088	509.722	-493.382	6.876	-6.876	350.794	-666.063	
160	162	-20.421	-80.339	83.763	423.106	-415.002	4.810	-4.360	410.920	-436.358	
	163	-20.421	-54.128	-28.679	423.106	-363.999	4.810	-4.360	324.688	-471.587	
161	163	10.333	21.735	22.215	355.990	-429.299	3.930	-2.314	414.203	-377.330	
	164	10.333	47.943	-90.217	408.239	-429.299	3.930	-2.314	380.228	-463.555	
162	164	43.351	129.818	-41.502	516.034	-516.165	2.901	-3.309	650.600	-387.808	
	165	43.351	156.024	-153.928	553.646	-518.084	2.901	-3.309	601.993	-475.946	
163	165	78.000	237.875	-103.719	709.132	-661.666	3.014	-4.401	924.301	-453.911	
	166	78.000	264.081	-216.143	710.865	-663.586	3.014	-4.401	839.817	-542.049	
164	166	105.077	320.618	-152.086	828.657	-732.218	4.838	-4.908	1107.104	-463.517	
	167	105.077	346.830	-264.534	830.553	-734.138	4.838	-4.908	1022.765	-551.673	
165	167	88.581	277.548	-139.926	646.799	-586.543	4.591	-4.318	877.593	-364.658	
	168	88.581	292.089	-202.308	649.576	-587.600	4.591	-4.318	832.529	-413.556	P6

4.4 마. 작용하중별 부재력 집계

< DB 하중 >

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	14.919	-16.105	45.998	-690.223	31.023	736.221	P1
	2	1657.104	-125.108	76.896	-598.828	1782.212	675.724	
2	2	1657.273	-125.162	76.896	-598.828	1782.435	675.724	
	3	3558.049	-341.808	200.178	-455.858	3899.857	656.036	
3	3	3559.104	-341.935	200.178	-490.940	3901.039	691.119	
	4	4646.384	-555.683	288.658	-372.643	5202.067	661.302	
4	4	4647.313	-555.811	288.658	-425.454	5203.124	714.112	
	5	5160.631	-769.647	343.679	-312.851	5930.278	656.530	
5	5	5161.225	-769.755	343.679	-374.489	5930.980	718.167	
	6	5205.976	-987.293	386.345	-264.710	6193.269	651.055	
6	6	5206.232	-987.380	386.345	-338.571	6193.613	724.915	
	7	4891.372	-1211.783	431.011	-221.537	6103.155	652.547	
7	7	4891.372	-1211.823	431.011	-301.219	6103.195	732.230	
	8	4214.611	-1448.726	484.441	-186.656	5663.337	671.097	
8	8	4214.611	-1448.726	484.441	-258.878	5663.337	743.319	
	9	3215.664	-1706.270	540.789	-146.862	4921.934	687.650	
9	9	3215.664	-1706.270	540.789	-206.693	4921.934	747.481	
	10	1924.578	-2018.765	605.116	-97.588	3943.343	702.704	
10	10	1924.578	-2018.765	605.116	-133.842	3943.343	738.958	
	11	718.586	-2484.010	680.745	-56.343	3202.596	737.089	
11	11	718.586	-2484.010	680.745	-117.279	3202.596	798.024	
	12	692.074	-3572.291	742.094	-98.440	4264.365	840.534	P2
12	12	692.074	-3572.291	742.094	-719.887	4264.365	1461.981	P2
	13	687.087	-3026.442	112.076	-636.762	3713.529	748.838	
13	13	687.341	-3027.337	112.076	-652.555	3714.678	764.630	
	14	2074.800	-2406.880	153.855	-538.284	4481.680	692.139	
14	14	2075.610	-2407.534	153.855	-567.910	4483.144	721.765	
	15	3225.078	-1970.415	226.285	-455.610	5195.493	681.895	
15	15	3225.860	-1970.549	226.285	-494.876	5196.409	721.161	
	16	3972.039	-1569.909	285.109	-382.587	5541.948	667.696	
16	16	3972.827	-1569.938	285.109	-431.630	5542.765	716.739	
	17	4327.916	-1191.841	335.090	-318.873	5519.757	653.963	
17	17	4328.361	-1191.841	335.090	-377.403	5520.202	712.493	
	18	4306.500	-1015.895	382.711	-259.636	5322.395	642.347	
18	18	4306.500	-1015.959	382.711	-330.167	5322.459	712.878	
	19	3908.246	-1329.423	438.821	-210.011	5237.669	648.832	
19	19	3908.246	-1329.423	438.821	-282.040	5237.669	720.861	
	20	3130.897	-1663.684	501.797	-167.573	4794.581	669.370	
20	20	3130.897	-1663.684	501.797	-225.110	4794.581	726.907	
	21	1971.985	-2052.956	574.367	-119.500	4024.941	693.867	
21	21	1971.985	-2052.956	574.367	-158.427	4024.941	732.794	
	22	754.097	-2592.777	658.190	-72.891	3346.874	731.080	
22	22	754.097	-2592.777	658.190	-112.748	3346.874	770.938	
	23	876.255	-3111.377	724.969	-95.012	3987.632	819.982	P3

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
23	23	876.312	-3112.399	724.969	-723.352	3988.711	1448.321	P3
	24	829.781	-2630.918	111.304	-641.245	3460.699	752.549	
24	24	829.983	-2631.646	111.304	-656.282	3461.629	767.586	
	25	1984.021	-2081.735	153.486	-542.661	4065.756	696.147	
25	25	1984.730	-2082.294	153.486	-571.853	4067.024	725.339	
	26	3134.552	-1685.628	224.140	-459.817	4820.180	683.957	
26	26	3135.353	-1685.741	224.140	-498.745	4821.094	722.886	
	27	3896.546	-1341.163	282.736	-386.522	5237.709	669.258	
27	27	3897.232	-1341.171	282.736	-435.242	5238.403	717.978	
	28	4274.013	-1017.366	332.294	-322.352	5291.379	654.646	
28	28	4274.397	-1017.366	332.294	-379.804	5291.763	712.098	
	29	4273.845	-1016.706	380.007	-262.461	5290.551	642.468	
29	29	4273.845	-1016.735	380.007	-332.015	5290.580	712.022	
	30	3895.064	-1339.975	435.495	-211.499	5235.039	646.994	
30	30	3895.064	-1339.975	435.495	-282.269	5235.039	717.764	
	31	3130.765	-1683.467	499.195	-163.957	4814.232	663.152	
31	31	3130.765	-1683.467	499.195	-223.336	4814.232	722.531	
	32	1977.225	-2074.630	572.634	-115.328	4051.855	687.962	
32	32	1977.225	-2074.630	572.634	-152.686	4051.855	725.320	
	33	827.517	-2617.632	657.276	-64.072	3445.149	721.348	
33	33	827.517	-2617.632	657.276	-109.457	3445.149	766.733	
	34	878.718	-3110.359	723.907	-89.745	3989.077	813.652	P4
34	34	878.718	-3131.908	723.907	-725.251	4010.626	1449.158	P4
	35	750.535	-2578.702	111.304	-644.165	3329.237	755.468	
35	35	750.722	-2579.548	111.304	-659.028	3330.270	770.331	
	36	1964.048	-2044.832	157.618	-546.055	4008.880	703.673	
36	36	1964.803	-2045.422	157.618	-575.112	4010.225	732.730	
	37	3125.467	-1661.133	224.464	-463.425	4786.600	687.889	
37	37	3126.407	-1661.289	224.464	-502.242	4787.696	726.707	
	38	3905.423	-1328.015	281.575	-390.294	5233.438	671.869	
38	38	3906.186	-1328.053	281.575	-439.058	5234.239	720.633	
	39	4305.504	-1015.125	329.895	-326.370	5320.629	656.265	
39	39	4306.009	-1015.125	329.895	-382.846	5321.134	712.740	
	40	4328.681	-1192.654	377.247	-266.477	5521.335	643.724	
40	40	4328.681	-1192.728	377.247	-335.169	5521.409	712.416	
	41	3973.756	-1570.930	431.523	-214.574	5544.686	646.096	
41	41	3973.756	-1570.930	431.523	-285.158	5544.686	716.681	
	42	3227.025	-1971.657	494.785	-166.473	5198.682	661.259	
42	42	3227.025	-1971.657	494.785	-226.253	5198.682	721.039	
	43	2076.271	-2408.468	567.875	-116.341	4484.739	684.216	
43	43	2076.271	-2408.468	567.875	-153.722	4484.739	721.597	
	44	685.339	-3026.655	652.785	-63.826	3711.994	716.611	
44	44	685.339	-3026.655	652.785	-111.965	3711.994	764.750	
	45	685.258	-3563.867	720.565	-91.302	4249.125	811.867	P5
45	45	685.258	-3563.867	720.565	-741.100	4249.125	1461.664	P5
	46	717.515	-2485.091	117.153	-663.056	3202.606	780.209	
46	46	717.725	-2485.903	117.153	-680.208	3203.628	797.360	
	47	1924.940	-2018.237	134.071	-572.651	3943.177	706.721	
47	47	1925.768	-2018.784	134.071	-604.934	3944.552	739.005	
	48	3214.866	-1706.017	206.821	-499.009	4920.883	705.830	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
48	48	3215.879	-1706.154	206.821	-540.729	4922.033	747.550	
	49	4213.430	-1448.679	258.945	-433.787	5662.109	692.732	
49	49	4214.382	-1448.709	258.945	-484.418	5663.091	743.363	
	50	4890.282	-1212.027	301.245	-375.817	6102.309	677.062	
50	50	4890.915	-1212.027	301.245	-430.999	6102.942	732.245	
	51	5205.660	-987.834	338.587	-320.682	6193.494	659.269	
51	51	5205.660	-987.834	338.587	-386.334	6193.494	724.920	
	52	5160.584	-770.543	374.485	-264.759	5931.127	639.243	
52	52	5160.584	-770.543	374.485	-343.703	5931.127	718.188	
	53	4646.583	-556.961	425.459	-215.889	5203.544	641.348	
53	53	4646.583	-556.961	425.459	-288.650	5203.544	714.109	
	54	3558.396	-343.784	490.945	-149.181	3902.180	640.126	
54	54	3558.396	-343.784	490.945	-200.173	3902.180	691.119	
	55	1656.605	-127.863	594.534	-65.409	1784.468	659.943	
55	55	1656.605	-127.863	598.737	-76.944	1784.468	675.682	
	56	13.590	-15.229	690.185	-46.147	28.819	736.332	P6

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	11.243	-11.404	44.296	-693.976	22.647	738.272	P1
	58	1575.563	-123.187	96.384	-572.627	1698.750	669.011	
57	58	1576.892	-123.187	96.384	-572.627	1700.079	669.011	
	59	3160.401	-338.192	250.680	-405.487	3498.593	656.167	
58	59	3160.401	-338.256	250.680	-479.050	3498.657	729.730	
	60	4192.707	-554.310	320.069	-346.129	4747.017	666.198	
59	60	4192.707	-554.380	320.069	-435.645	4747.087	755.714	
	61	4741.569	-770.900	350.842	-294.134	5512.469	644.976	
60	61	4741.569	-770.976	350.842	-390.762	5512.545	741.604	
	62	4834.126	-987.223	384.746	-250.177	5821.349	634.923	
61	62	4834.126	-987.314	384.746	-353.221	5821.440	737.967	
	63	4536.738	-1201.895	433.789	-207.779	5738.633	641.568	
62	63	4536.738	-1201.962	433.789	-322.360	5738.700	756.149	
	64	3878.661	-1413.567	481.626	-173.172	5292.228	654.798	
63	64	3878.697	-1413.603	481.626	-294.677	5292.300	776.303	
	65	2938.241	-1625.079	525.822	-149.403	4563.320	675.225	
64	65	2938.282	-1625.079	525.822	-258.490	4563.361	784.312	
	66	1793.605	-1852.992	574.709	-116.075	3646.597	690.784	
65	66	1793.605	-1852.992	574.709	-183.030	3646.597	757.740	
	67	728.905	-2169.036	655.012	-52.825	2897.941	707.837	
66	67	728.905	-2169.136	661.904	-92.372	2898.041	754.276	
	68	654.044	-3128.342	771.307	-43.496	3782.386	814.802	P2
67	68	654.997	-3131.548	771.307	-758.256	3786.545	1529.562	P2
	69	680.582	-2692.847	95.552	-645.918	3373.429	741.470	
68	69	680.582	-2692.847	95.552	-645.918	3373.429	741.470	
	70	1927.666	-2257.730	195.749	-486.860	4185.396	682.609	
69	70	1927.666	-2257.890	195.749	-541.383	4185.556	737.131	
	71	2948.453	-1890.374	272.881	-407.084	4838.827	679.966	
70	71	2948.453	-1890.374	272.881	-483.253	4838.827	756.135	
	72	3633.497	-1536.906	317.610	-345.077	5170.403	662.687	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
71	72	3633.497	-1536.906	317.610	-433.794	5170.403	751.404	
	73	3973.031	-1184.481	351.702	-291.281	5157.512	642.983	
72	73	3973.031	-1184.481	351.702	-383.388	5157.512	735.090	
	74	3948.776	-1006.689	390.314	-240.840	4955.465	631.154	
73	74	3948.796	-1006.846	390.314	-346.716	4955.642	737.030	
	75	3563.006	-1294.424	440.984	-195.042	4857.430	636.026	
74	75	3563.067	-1294.545	440.984	-313.386	4857.612	754.370	
	76	2845.685	-1582.561	490.220	-166.812	4428.246	657.032	
75	76	2845.764	-1582.602	490.220	-269.919	4428.366	760.139	
	77	1828.098	-1886.711	547.388	-131.714	3714.809	679.102	
76	77	1828.098	-1886.711	547.388	-201.138	3714.809	748.526	
	78	763.210	-2274.744	636.518	-79.843	3037.954	716.360	
77	78	763.259	-2274.882	648.097	-97.874	3038.141	745.971	
	79	847.480	-2751.583	759.906	-75.125	3599.063	835.032	P3
78	79	847.480	-2751.961	759.906	-759.002	3599.441	1518.909	P3
	80	833.974	-2316.862	96.264	-646.893	3150.836	743.157	
79	80	833.995	-2316.862	96.264	-646.893	3150.857	743.157	
	81	1839.028	-1919.396	196.000	-490.277	3758.424	686.277	
80	81	1840.105	-1919.568	196.000	-544.954	3759.673	740.954	
	82	2850.531	-1605.108	270.941	-411.318	4455.639	682.258	
81	82	2850.531	-1605.108	270.941	-487.134	4455.639	758.074	
	83	3550.632	-1306.493	315.047	-349.377	4857.125	664.423	
82	83	3550.632	-1306.493	315.047	-437.447	4857.125	752.494	
	84	3913.602	-1008.470	348.901	-294.851	4922.072	643.752	
83	84	3913.602	-1008.470	348.901	-386.591	4922.072	735.492	
	85	3913.496	-1008.190	386.580	-243.852	4921.686	630.432	
84	85	3913.519	-1008.239	386.580	-348.906	4921.758	735.486	
	86	3550.382	-1306.200	437.434	-197.353	4856.582	634.787	
85	86	3550.441	-1306.218	437.434	-315.021	4856.659	752.455	
	87	2850.174	-1604.813	487.145	-164.402	4454.987	651.547	
86	87	2850.251	-1604.813	487.145	-270.637	4455.064	757.782	
	88	1838.974	-1919.042	545.164	-128.542	3758.016	673.707	
87	88	1838.974	-1919.042	545.164	-195.272	3758.016	740.436	
	89	831.757	-2314.330	635.620	-72.351	3146.087	707.971	
88	89	831.757	-2314.454	648.084	-94.348	3146.211	742.431	
	90	846.476	-2745.500	759.569	-66.980	3591.976	826.549	P4
89	90	848.401	-2757.953	759.569	-760.820	3606.354	1520.389	P4
	91	760.531	-2272.808	96.775	-649.610	3033.339	746.385	
90	91	760.555	-2272.808	96.775	-649.610	3033.363	746.385	
	92	1825.745	-1886.078	200.569	-493.200	3711.823	693.768	
91	92	1826.940	-1886.327	200.569	-547.623	3713.267	748.192	
	93	2845.586	-1582.285	269.586	-414.573	4427.871	684.159	
92	93	2845.586	-1582.355	269.586	-490.221	4427.941	759.806	
	94	3562.982	-1294.235	313.361	-353.171	4857.217	666.531	
93	94	3562.982	-1294.235	313.361	-440.984	4857.217	754.345	
	95	3948.806	-1006.544	346.726	-298.566	4955.350	645.292	
94	95	3948.806	-1006.544	346.726	-390.309	4955.350	737.036	
	96	3973.073	-1184.761	383.394	-247.617	5157.834	631.011	
95	96	3973.117	-1184.900	383.394	-351.668	5158.017	735.062	
	97	3633.329	-1536.833	433.832	-200.771	5170.162	634.603	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	3633.408	-1536.947	433.832	-317.533	5170.355	751.365	
	98	2947.682	-1889.476	483.370	-166.589	4837.158	649.959	
97	98	2947.779	-1889.489	483.370	-272.835	4837.268	756.205	
	99	1926.474	-2256.010	541.511	-129.327	4182.484	670.838	
98	99	1926.541	-2256.010	541.511	-195.774	4182.551	737.285	
	100	680.568	-2692.741	632.069	-71.406	3373.309	703.475	
99	100	680.568	-2692.888	644.288	-94.664	3373.456	738.951	
	101	659.490	-3139.835	756.857	-65.312	3799.325	822.169	P5
100	101	659.518	-3139.835	756.857	-773.175	3799.353	1530.033	P5
	102	729.005	-2168.536	93.702	-664.041	2897.541	757.743	
101	102	729.005	-2168.536	93.702	-664.041	2897.541	757.743	
	103	1794.160	-1854.420	182.896	-519.679	3648.580	702.575	
102	103	1795.248	-1854.572	182.896	-574.612	3649.820	757.508	
	104	2939.710	-1626.294	258.509	-450.765	4566.004	709.274	
103	104	2939.710	-1626.294	258.509	-525.653	4566.004	784.162	
	105	3879.402	-1414.292	294.771	-397.323	5293.694	692.093	
104	105	3879.402	-1414.292	294.771	-481.525	5293.694	776.296	
	106	4536.839	-1202.470	322.382	-344.900	5739.309	667.282	
105	106	4536.839	-1202.470	322.382	-433.795	5739.309	756.177	
	107	4834.069	-987.793	353.233	-292.677	5821.862	645.910	
106	107	4834.107	-987.793	353.233	-384.752	5821.900	737.985	
	108	4741.441	-771.426	390.757	-241.070	5512.867	631.827	
107	108	4741.522	-771.426	390.757	-350.878	5512.948	741.635	
	109	4192.674	-554.350	435.621	-193.287	4747.024	628.908	
108	109	4192.802	-554.350	435.621	-320.160	4747.152	755.781	
	110	3160.829	-336.830	478.999	-158.306	3497.659	637.305	
109	110	3160.981	-336.830	478.999	-250.792	3497.811	729.791	
	111	1577.793	-119.941	549.854	-78.885	1697.734	628.740	
110	111	1577.793	-119.941	572.834	-95.852	1697.734	668.685	
	112	7.679	-7.605	694.167	-43.587	15.284	737.754	P6

< Girder 3 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
111	113	0.705	-0.883	42.733	-664.511	1.588	707.245	P1
	114	1571.346	-116.793	71.593	-574.738	1688.139	646.331	
112	114	1571.346	-116.793	71.593	-579.458	1688.139	651.052	
	115	3404.910	-326.776	195.810	-443.522	3731.686	639.332	
113	115	3404.910	-326.776	195.810	-479.785	3731.686	675.595	
	116	4458.709	-536.735	280.112	-363.563	4995.444	643.675	
114	116	4458.709	-536.735	280.112	-416.019	4995.444	696.131	
	117	4962.155	-747.239	333.523	-305.425	5709.394	638.948	
115	117	4962.155	-747.239	333.523	-367.020	5709.394	700.542	
	118	5011.776	-960.430	376.035	-257.887	5972.206	633.922	
116	118	5011.776	-960.430	376.035	-331.495	5972.206	707.530	
	119	4712.356	-1179.555	418.740	-216.144	5891.911	634.884	
117	119	4712.889	-1179.555	418.740	-294.550	5892.444	713.289	
	120	4061.349	-1410.085	471.355	-181.458	5471.434	652.814	
118	120	4062.128	-1410.097	471.355	-252.663	5472.225	724.018	
	121	3095.892	-1659.731	526.713	-141.926	4755.623	668.640	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
119	121	3096.737	-1659.815	526.713	-202.275	4756.552	728.989	
	122	1848.368	-1948.803	589.455	-94.362	3797.171	683.817	
120	122	1849.088	-1949.330	589.455	-133.105	3798.418	722.559	
	123	706.267	-2399.652	662.252	-56.614	3105.919	718.866	
121	123	706.425	-2400.366	662.252	-121.573	3106.791	783.825	
	124	673.581	-3425.384	718.464	-100.436	4098.965	818.899	P2
122	124	673.641	-3425.384	718.464	-697.653	4099.025	1416.116	P2
	125	663.110	-2905.769	112.952	-616.766	3568.879	729.717	
123	125	663.110	-2905.769	112.952	-635.691	3568.879	748.642	
	126	1987.533	-2327.591	152.066	-523.748	4315.124	675.813	
124	126	1987.533	-2327.591	152.066	-554.045	4315.124	706.111	
	127	3103.726	-1913.801	221.199	-443.626	5017.527	664.825	
125	127	3103.726	-1913.801	221.199	-482.597	5017.527	703.797	
	128	3830.696	-1528.405	277.885	-372.163	5359.101	650.048	
126	128	3830.696	-1528.407	277.885	-420.538	5359.103	698.423	
	129	4176.533	-1162.432	326.722	-309.702	5338.965	636.425	
127	129	4176.533	-1162.477	326.722	-368.620	5339.010	695.342	
	130	4155.127	-990.729	373.686	-251.712	5145.856	625.398	
128	130	4155.475	-990.729	373.686	-322.056	5146.204	695.742	
	131	3768.373	-1294.783	427.467	-203.675	5063.156	631.142	
129	131	3768.979	-1294.783	427.467	-275.242	5063.762	702.710	
	132	3012.176	-1617.631	489.356	-162.675	4629.807	652.031	
130	132	3012.899	-1617.700	489.356	-220.557	4630.599	709.913	
	133	1888.843	-1978.607	560.117	-116.596	3867.450	676.713	
131	133	1889.378	-1979.047	560.117	-156.905	3868.425	717.021	
	134	741.756	-2497.934	640.773	-72.218	3239.690	712.991	
132	134	741.961	-2498.580	640.773	-114.598	3240.541	755.371	
	135	854.217	-2997.471	702.016	-95.220	3851.688	797.236	P3
133	135	854.217	-2997.471	702.016	-700.853	3851.688	1402.868	P3
	136	818.621	-2535.905	112.469	-620.835	3354.526	733.304	
134	136	818.621	-2535.905	112.469	-639.023	3354.526	751.492	
	137	1901.848	-2007.568	151.906	-527.652	3909.416	679.558	
135	137	1901.848	-2007.568	151.906	-557.649	3909.416	709.556	
	138	3017.189	-1639.453	219.417	-447.470	4656.642	666.887	
136	138	3017.189	-1639.453	219.417	-486.284	4656.642	705.701	
	139	3757.814	-1306.452	275.722	-375.879	5064.266	651.601	
137	139	3757.814	-1306.452	275.722	-423.932	5064.266	699.654	
	140	4123.690	-992.478	324.116	-312.991	5116.168	637.108	
138	140	4123.690	-992.524	324.116	-370.923	5116.214	695.039	
	141	4122.870	-992.107	371.138	-254.357	5114.977	625.496	
139	141	4123.302	-992.107	371.138	-323.828	5115.409	694.967	
	142	3755.553	-1305.633	424.158	-205.127	5061.186	629.285	
140	142	3756.211	-1305.653	424.158	-275.266	5061.864	699.424	
	143	3012.894	-1637.900	486.663	-158.909	4650.794	645.572	
141	143	3013.682	-1637.992	486.663	-218.697	4651.674	705.360	
	144	1895.444	-2000.793	558.254	-112.274	3896.237	670.529	
142	144	1896.076	-2001.333	558.254	-151.096	3897.409	709.350	
	145	816.170	-2524.456	639.664	-64.083	3340.626	703.747	
143	145	816.358	-2525.198	639.664	-110.681	3341.556	750.344	
	146	853.117	-2997.425	700.912	-89.671	3850.542	790.582	P4
144	146	854.825	-3012.338	700.912	-702.223	3867.163	1403.135	P4
	147	739.595	-2488.970	112.695	-622.987	3228.565	735.682	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
145	147	739.595	-2488.970	112.695	-641.397	3228.565	754.092	
	148	1884.095	-1973.705	156.121	-530.604	3857.800	686.725	
146	148	1884.095	-1973.705	156.121	-560.653	3857.800	716.774	
	149	3009.469	-1616.602	219.958	-450.799	4626.071	670.757	
147	149	3009.469	-1616.602	219.958	-489.654	4626.071	709.613	
	150	3767.048	-1294.251	274.868	-379.511	5061.299	654.379	
148	150	3767.048	-1294.251	274.868	-427.617	5061.299	702.485	
	151	4154.359	-990.499	321.848	-316.842	5144.858	638.690	
149	151	4154.359	-990.530	321.848	-373.788	5144.889	695.636	
	152	4175.438	-1161.970	368.505	-258.195	5337.408	626.700	
150	152	4175.744	-1161.970	368.505	-326.796	5337.714	695.301	
	153	3829.714	-1528.144	420.462	-208.008	5357.858	628.469	
151	153	3830.315	-1528.145	420.462	-277.947	5358.460	698.409	
	154	3103.252	-1914.123	482.491	-160.936	5017.375	643.427	
152	154	3103.894	-1914.201	482.491	-221.238	5018.095	703.729	
	155	1987.575	-2328.725	553.928	-113.156	4316.300	667.084	
153	155	1988.123	-2328.901	553.928	-152.082	4317.024	706.010	
	156	663.364	-2905.873	635.715	-64.187	3569.237	699.903	
154	156	663.594	-2906.682	635.715	-114.198	3570.276	749.914	
	157	672.375	-3422.100	698.182	-92.534	4094.475	790.716	P5
155	157	672.375	-3423.074	698.182	-717.812	4095.449	1415.995	P5
	158	707.562	-2399.460	120.484	-641.512	3107.022	761.995	
156	158	707.562	-2399.460	120.484	-662.227	3107.022	782.710	
	159	1848.426	-1948.296	133.109	-556.560	3796.722	689.669	
157	159	1848.426	-1948.296	133.109	-589.605	3796.722	722.714	
	160	3096.539	-1659.401	202.254	-485.139	4755.940	687.393	
158	160	3096.539	-1659.401	202.254	-526.837	4755.940	729.091	
	161	4062.607	-1410.116	252.626	-421.438	5472.723	674.064	
159	161	4062.607	-1410.123	252.626	-471.405	5472.730	724.031	
	162	4713.729	-1179.585	294.530	-364.525	5893.314	659.055	
160	162	4713.729	-1179.642	294.530	-418.760	5893.371	713.291	
	163	5012.521	-960.253	331.483	-310.315	5972.774	641.799	
161	163	5012.708	-960.337	331.483	-376.035	5973.045	707.518	
	164	4962.544	-746.873	367.020	-255.443	5709.417	622.463	
162	164	4963.062	-746.974	367.020	-333.490	5710.036	700.509	
	165	4458.601	-536.458	416.057	-207.910	4995.059	623.967	
163	165	4459.392	-536.568	416.057	-280.043	4995.960	696.100	
	166	3404.199	-327.092	479.878	-143.212	3731.291	623.089	
164	166	3405.072	-327.206	479.878	-195.759	3732.278	675.637	
	167	1570.745	-117.856	579.549	-63.950	1688.601	643.499	
165	167	1570.992	-117.972	579.549	-71.825	1688.964	651.374	
	168	0.717	-0.883	664.394	-43.167	1.600	707.561	P6

< DL 하중 >

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	13.561	-18.419	64.285	-702.160	31.980	766.445	P1
	2	1543.431	-168.442	101.431	-619.110	1711.873	720.541	
2	2	1544.374	-168.462	101.431	-619.110	1712.836	720.541	
	3	3497.412	-445.994	176.140	-464.174	3943.406	640.315	
3	3	3499.099	-446.131	176.140	-464.174	3945.230	640.315	
	4	4738.855	-725.075	233.873	-364.707	5463.930	598.580	
4	4	4740.275	-725.215	233.873	-380.432	5465.490	614.304	
	5	5409.462	-1005.699	282.634	-289.190	6415.161	571.824	
5	5	5410.235	-1005.819	282.634	-320.001	6416.054	602.635	
	6	5585.388	-1290.792	333.511	-233.397	6876.180	566.907	
6	6	5585.474	-1290.792	333.511	-274.125	6876.266	607.635	
	7	5294.657	-1583.972	398.696	-187.236	6878.629	585.932	
7	7	5294.657	-1583.993	398.696	-237.821	6878.650	636.517	
	8	4536.416	-1892.872	474.870	-152.415	6429.288	627.285	
8	8	4536.416	-1892.872	474.870	-200.986	6429.288	675.856	
	9	3289.989	-2225.840	567.120	-120.924	5515.829	688.044	
9	9	3289.989	-2225.840	579.298	-160.778	5515.829	740.076	
	10	1910.752	-3148.252	681.017	-87.851	5059.004	768.867	
10	10	1910.752	-3149.165	709.181	-116.025	5059.917	825.207	
	11	1081.384	-5535.736	819.711	-70.540	6617.120	890.251	
11	11	1081.384	-5536.388	865.352	-134.266	6617.772	999.618	
	12	912.716	-7998.135	951.250	-114.257	8910.851	1065.507	P2
12	12	912.716	-7998.135	951.250	-929.160	8910.851	1880.410	P2
	13	959.042	-5596.487	172.523	-841.604	6555.529	1014.127	
13	13	959.042	-5596.487	172.523	-841.604	6555.529	1014.127	
	14	1676.473	-3370.143	165.632	-686.042	5046.616	851.675	
14	14	1676.642	-3370.143	165.632	-686.042	5046.785	851.675	
	15	2842.555	-2598.871	211.182	-555.986	5441.426	767.168	
15	15	2843.813	-2599.157	211.182	-555.986	5442.970	767.168	
	16	3900.268	-2487.383	254.167	-447.571	6387.651	701.738	
16	16	3901.056	-2487.577	254.167	-454.288	6388.633	708.456	
	17	4445.586	-2405.231	302.612	-362.156	6850.817	664.767	
17	17	4445.985	-2405.283	302.612	-382.123	6851.268	684.734	
	18	4499.448	-2345.169	364.295	-294.038	6844.617	658.333	
18	18	4499.448	-2345.169	364.295	-322.085	6844.617	686.380	
	19	4063.865	-2306.178	437.419	-238.748	6370.043	676.168	
19	19	4063.865	-2306.178	437.419	-278.057	6370.043	715.476	
	20	3122.820	-2308.298	526.950	-200.191	5431.118	727.141	
20	20	3122.820	-2308.298	537.549	-237.251	5431.118	774.801	
	21	2171.233	-3069.882	639.802	-166.589	5241.115	806.391	
21	21	2171.233	-3070.657	665.127	-194.638	5241.890	859.765	
	22	1680.354	-5230.952	776.895	-141.960	6911.306	918.855	
22	22	1680.357	-5231.550	817.512	-192.945	6911.907	1010.458	
	23	1799.104	-7537.541	904.514	-167.442	9336.645	1071.956	P3
23	23	1799.104	-7537.583	904.514	-915.462	9336.687	1819.976	P3
	24	1721.833	-5193.000	183.894	-828.363	6914.833	1012.257	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
24	24	1721.969	-5193.000	183.894	-828.363	6914.969	1012.257	
	25	2247.025	-2981.868	185.836	-676.236	5228.893	862.072	
25	25	2247.301	-2981.868	185.836	-676.236	5229.169	862.072	
	26	3245.191	-2145.123	228.682	-548.769	5390.314	777.451	
26	26	3246.461	-2145.367	228.682	-548.769	5391.828	777.451	
	27	4240.696	-2098.627	269.789	-441.730	6339.323	711.518	
27	27	4241.539	-2098.750	269.789	-449.017	6340.289	718.805	
	28	4729.678	-2078.067	316.029	-356.597	6807.745	672.627	
28	28	4729.942	-2078.080	316.029	-376.555	6808.022	692.584	
	29	4729.368	-2077.724	376.628	-288.189	6807.092	664.816	
29	29	4729.368	-2077.724	376.628	-315.897	6807.092	692.525	
	30	4239.102	-2097.376	449.083	-232.306	6336.478	681.390	
30	30	4239.102	-2097.376	449.083	-269.626	6336.478	718.709	
	31	3241.306	-2142.488	538.387	-191.523	5383.794	729.910	
31	31	3241.306	-2142.488	549.027	-228.440	5383.794	777.467	
	32	2244.280	-2978.862	651.323	-157.620	5223.142	808.943	
32	32	2244.280	-2979.596	676.701	-185.490	5223.876	862.191	
	33	1723.555	-5195.280	788.509	-131.169	6918.835	919.678	
33	33	1723.555	-5195.791	828.894	-182.369	6919.346	1011.263	
	34	1804.938	-7544.153	915.661	-156.550	9349.091	1072.211	P4
34	34	1804.938	-7544.153	915.661	-904.220	9349.091	1819.881	P4
	35	1677.313	-5230.948	191.588	-817.530	6908.261	1009.117	
35	35	1677.376	-5230.948	191.588	-817.530	6908.324	1009.117	
	36	2165.393	-3066.410	194.051	-665.348	5231.803	859.399	
36	36	2165.601	-3066.410	194.051	-665.348	5232.011	859.399	
	37	3116.443	-2305.291	236.874	-537.746	5421.734	774.621	
37	37	3117.906	-2305.629	236.874	-537.746	5423.535	774.621	
	38	4060.390	-2304.850	277.819	-430.481	6365.240	708.300	
38	38	4061.322	-2305.065	277.819	-437.487	6366.387	715.306	
	39	4498.102	-2344.811	321.932	-344.943	6842.913	666.875	
39	39	4498.517	-2344.925	321.932	-364.360	6843.442	686.293	
	40	4445.698	-2405.464	382.034	-275.777	6851.162	657.811	
40	40	4445.698	-2405.470	382.034	-302.662	6851.168	684.696	
	41	3901.725	-2488.157	454.240	-218.769	6389.882	673.009	
41	41	3901.725	-2488.157	454.240	-254.134	6389.882	708.374	
	42	2844.630	-2600.127	543.835	-175.622	5444.757	719.457	
42	42	2844.630	-2600.127	555.792	-211.050	5444.757	766.843	
	43	1677.006	-3369.049	657.920	-139.649	5046.055	797.568	
43	43	1677.006	-3369.721	685.511	-164.965	5046.727	850.477	
	44	954.712	-5591.244	797.426	-113.109	6545.956	910.535	
44	44	954.712	-5591.647	840.321	-171.818	6546.359	1012.139	
	45	898.007	-7981.362	927.789	-148.008	8879.369	1075.798	P5
45	45	898.547	-7981.362	927.789	-948.484	8879.909	1876.274	P5
	46	1075.372	-5528.358	132.679	-862.540	6603.730	995.218	
46	46	1075.601	-5528.358	132.679	-862.540	6603.959	995.218	
	47	1908.925	-3146.962	115.208	-707.842	5055.887	823.050	
47	47	1909.375	-3146.962	115.208	-707.842	5056.337	823.050	
	48	3288.075	-2225.629	160.489	-578.858	5513.704	739.347	
48	48	3289.729	-2225.792	160.489	-578.858	5515.521	739.347	
	49	4535.417	-1893.686	200.808	-470.106	6429.103	670.914	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
49	49	4536.693	-1893.724	200.808	-474.757	6430.417	675.565	
	50	5294.941	-1585.669	237.708	-381.220	6880.610	618.928	
50	50	5295.541	-1585.669	237.708	-398.617	6881.210	636.324	
	51	5587.838	-1293.012	274.005	-307.829	6880.850	581.834	
51	51	5587.838	-1293.012	274.005	-333.403	6880.850	607.408	
	52	5412.910	-1008.746	319.900	-245.082	6421.656	564.982	
52	52	5412.910	-1008.746	319.900	-282.516	6421.656	602.416	
	53	4743.136	-729.232	380.280	-188.642	5472.368	568.922	
53	53	4743.136	-729.232	380.280	-233.535	5472.368	613.815	
	54	3504.097	-452.466	463.127	-144.307	3956.563	607.434	
54	54	3504.097	-452.466	463.742	-175.776	3956.563	639.518	
	55	1551.264	-176.641	582.968	-90.493	1727.905	673.460	
55	55	1551.264	-176.641	619.512	-101.933	1727.905	721.444	
	56	11.563	-16.252	702.584	-64.867	27.815	767.450	P6

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	12.488	-11.557	62.474	-693.586	24.045	756.059	P1
	58	1461.972	-164.936	117.502	-591.406	1626.908	708.908	
57	58	1462.213	-164.936	117.502	-591.406	1627.149	708.908	
	59	3186.673	-444.389	218.997	-430.055	3631.062	649.052	
58	59	3186.673	-444.389	218.997	-442.645	3631.062	661.641	
	60	4343.137	-725.737	266.749	-349.120	5068.874	615.869	
59	60	4343.137	-725.746	266.749	-382.253	5068.883	649.002	
	61	5024.806	-1009.412	293.421	-278.894	6034.218	572.315	
60	61	5025.247	-1009.440	293.421	-328.803	6034.687	622.224	
	62	5235.798	-1292.635	335.863	-221.395	6528.433	557.258	
61	62	5235.798	-1292.641	335.863	-282.714	6528.439	618.577	
	63	4979.651	-1578.307	389.812	-178.832	6557.958	568.644	
62	63	4979.651	-1578.307	389.812	-254.566	6557.958	644.378	
	64	4273.986	-1880.100	450.838	-145.440	6154.086	596.278	
63	64	4274.025	-1880.117	450.838	-231.373	6154.142	682.211	
	65	3139.044	-2186.392	521.803	-126.136	5325.436	647.939	
64	65	3139.108	-2186.410	521.803	-202.932	5325.518	724.735	
	66	1830.646	-2854.872	613.892	-102.618	4685.518	716.509	
65	66	1830.764	-2854.872	637.178	-148.480	4685.636	785.658	
	67	1058.165	-4797.835	747.181	-58.982	5856.000	806.164	
66	67	1058.165	-4797.835	841.640	-92.481	5856.000	934.122	
	68	848.442	-7096.989	942.345	-43.602	7945.431	985.948	P2
67	68	850.854	-7104.110	942.345	-929.087	7954.964	1871.432	P2
	69	909.589	-4931.073	135.634	-827.417	5840.662	963.051	
68	69	909.589	-4931.401	135.634	-827.417	5840.990	963.051	
	70	1559.732	-3128.708	193.944	-616.018	4688.440	809.961	
69	70	1559.732	-3128.918	193.944	-616.018	4688.650	809.961	
	71	2654.869	-2566.515	246.466	-494.929	5221.384	741.395	
70	71	2654.869	-2566.515	246.466	-500.489	5221.384	746.955	
	72	3611.663	-2461.326	281.037	-406.880	6072.989	687.917	
71	72	3611.663	-2461.326	281.037	-436.238	6072.989	717.275	
	73	4121.423	-2398.579	317.466	-336.294	6520.002	653.760	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
72	73	4121.423	-2398.603	317.466	-381.460	6520.026	698.927	
	74	4177.913	-2339.692	364.794	-276.961	6517.605	641.755	
73	74	4177.928	-2339.712	364.794	-335.504	6517.640	700.298	
	75	3782.669	-2280.323	420.697	-231.233	6062.992	651.930	
74	75	3782.751	-2280.464	420.697	-301.736	6063.215	722.433	
	76	2944.815	-2275.708	485.738	-201.948	5220.523	687.686	
75	76	2944.931	-2275.780	485.738	-269.152	5220.711	754.890	
	77	2061.663	-2827.204	575.132	-174.620	4888.867	749.752	
76	77	2061.710	-2827.204	600.052	-219.848	4888.914	819.900	
	78	1645.521	-4598.937	714.986	-137.748	6244.458	852.734	
77	78	1645.575	-4598.937	811.914	-163.735	6244.512	975.649	
	79	1731.195	-6758.800	913.107	-128.312	8489.995	1041.419	P3
78	79	1731.195	-6760.477	913.107	-925.119	8491.672	1838.226	P3
	80	1692.953	-4561.463	155.654	-823.625	6254.416	979.279	
79	80	1693.082	-4561.862	155.654	-823.625	6254.944	979.279	
	81	2145.187	-2732.979	210.624	-612.347	4878.166	822.971	
80	81	2145.187	-2733.263	210.624	-612.347	4878.450	822.971	
	82	3078.491	-2118.323	260.828	-491.355	5196.814	752.183	
81	82	3078.491	-2118.323	260.828	-496.971	5196.814	757.799	
	83	3975.648	-2075.491	293.994	-402.850	6051.139	696.843	
82	83	3975.648	-2075.491	293.994	-432.192	6051.139	726.186	
	84	4428.252	-2070.465	329.915	-331.519	6498.717	661.434	
83	84	4428.252	-2070.465	329.915	-376.695	6498.717	706.610	
	85	4428.306	-2070.482	376.670	-271.319	6498.788	647.989	
84	85	4428.306	-2070.482	376.670	-329.933	6498.788	706.604	
	86	3975.748	-2074.939	432.158	-225.392	6050.687	657.550	
85	86	3975.806	-2075.158	432.158	-293.989	6050.964	726.147	
	87	3078.734	-2117.798	496.935	-193.891	5196.532	690.825	
86	87	3078.851	-2117.882	496.935	-260.625	5196.733	757.560	
	88	2144.773	-2732.440	587.300	-165.846	4877.213	753.146	
87	88	2144.824	-2732.440	612.341	-209.789	4877.264	822.130	
	89	1691.004	-4561.262	726.543	-126.812	6252.266	853.356	
88	89	1691.004	-4561.262	823.593	-153.480	6252.266	977.073	
	90	1729.505	-6759.887	924.684	-116.079	8489.392	1040.763	P4
89	90	1732.036	-6759.887	924.684	-913.209	8491.923	1837.893	P4
	91	1644.271	-4598.706	162.781	-812.262	6242.977	975.043	
90	91	1644.320	-4599.109	162.781	-812.262	6243.429	975.043	
	92	2061.157	-2826.835	219.364	-600.094	4887.992	819.458	
91	92	2061.157	-2827.158	219.364	-600.094	4888.315	819.458	
	93	2944.731	-2276.021	269.036	-479.215	5220.752	748.250	
92	93	2944.731	-2276.021	269.036	-485.769	5220.752	754.805	
	94	3782.568	-2280.699	301.786	-390.635	6063.267	692.421	
93	94	3782.568	-2280.699	301.786	-420.766	6063.267	722.552	
	95	4177.767	-2339.834	335.579	-318.897	6517.601	654.476	
94	95	4177.767	-2339.970	335.579	-364.837	6517.737	700.416	
	96	4121.263	-2398.722	381.540	-258.070	6519.985	639.609	
95	96	4121.318	-2398.852	381.540	-317.450	6520.170	698.990	
	97	3611.571	-2461.824	436.223	-212.624	6073.395	648.847	
96	97	3611.675	-2461.919	436.223	-280.952	6073.594	717.175	
	98	2654.780	-2566.798	500.356	-179.719	5221.578	680.075	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
97	98	2654.906	-2566.918	500.356	-246.317	5221.824	746.673	
	99	1557.200	-3126.463	590.693	-151.162	4683.663	741.855	
98	99	1557.237	-3126.463	616.241	-194.572	4683.700	810.813	
	100	909.721	-4931.420	730.670	-109.726	5841.141	840.396	
99	100	909.721	-4931.420	829.686	-137.566	5841.141	967.252	
	101	861.005	-7114.939	931.376	-97.913	7975.944	1029.289	P5
100	101	861.005	-7114.939	931.376	-946.824	7975.944	1878.200	P5
	102	1058.926	-4798.487	95.318	-846.240	5857.413	941.558	
101	102	1058.926	-4798.891	95.318	-846.240	5857.817	941.558	
	103	1830.587	-2853.454	148.665	-638.179	4684.041	786.844	
102	103	1830.587	-2853.799	148.665	-638.179	4684.386	786.844	
	104	3140.068	-2186.343	202.884	-518.112	5326.411	720.996	
103	104	3140.068	-2186.343	202.884	-521.611	5326.411	724.495	
	105	4274.867	-1879.963	231.336	-428.930	6154.830	660.266	
104	105	4274.867	-1880.058	231.336	-450.706	6154.925	682.042	
	106	4980.476	-1578.457	254.519	-353.078	6558.933	607.597	
105	106	4980.476	-1578.630	254.519	-389.785	6559.106	644.303	
	107	5236.819	-1294.320	282.692	-285.252	6531.139	567.944	
106	107	5236.848	-1294.320	282.692	-335.917	6531.168	618.609	
	108	5026.549	-1010.713	328.821	-228.485	6037.262	557.306	
107	108	5026.549	-1010.713	328.821	-293.652	6037.262	622.474	
	109	4343.132	-725.867	382.433	-185.937	5068.999	568.370	
108	109	4343.259	-725.867	382.433	-267.250	5069.126	649.683	
	110	3183.849	-440.011	443.207	-155.198	3623.860	598.405	
109	110	3184.031	-440.011	443.207	-219.634	3624.042	662.840	
	111	1455.828	-155.850	539.646	-106.045	1611.678	645.691	
110	111	1456.161	-155.850	590.009	-115.692	1612.011	705.701	
	112	8.022	-7.611	692.227	-60.423	15.633	752.651	P6

< Girder 3 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
111	113	0.797	-1.103	59.986	-669.809	1.900	729.795	P1
	114	1456.409	-159.326	94.482	-588.914	1615.735	683.396	
112	114	1456.409	-159.365	94.482	-588.914	1615.774	683.396	
	115	3319.638	-429.555	171.009	-448.536	3749.193	619.545	
113	115	3319.638	-429.620	171.009	-450.761	3749.258	621.771	
	116	4509.761	-707.768	226.748	-354.093	5217.529	580.841	
114	116	4509.761	-707.768	226.748	-370.636	5217.529	597.384	
	117	5157.164	-996.354	274.286	-281.177	6153.518	555.462	
115	117	5157.164	-996.354	274.286	-311.571	6153.518	585.856	
	118	5329.968	-1280.334	322.598	-226.614	6610.302	549.212	
116	118	5329.968	-1280.334	322.598	-268.015	6610.302	590.613	
	119	5056.773	-1569.505	385.718	-181.433	6626.278	567.151	
117	119	5057.373	-1569.505	385.718	-232.168	6626.878	617.886	
	120	4336.090	-1883.715	459.451	-147.887	6219.805	607.338	
118	120	4337.226	-1883.742	459.451	-195.944	6220.968	655.395	
	121	3149.361	-2207.344	548.676	-116.747	5356.705	665.423	
119	121	3150.907	-2207.429	559.264	-157.176	5358.336	716.440	
	122	1820.763	-2981.365	658.571	-84.782	4802.128	743.354	

부재	절점	모멘트		전단력		피로하중 작용범위		비고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
120	122	1821.240	-2981.365	684.280	-115.401	4802.605	799.682	
	123	1028.990	-5253.259	791.953	-71.123	6282.249	863.076	
121	123	1029.286	-5253.259	834.925	-138.438	6282.545	973.362	
	124	877.606	-7605.859	918.424	-118.433	8483.465	1036.857	P2
122	124	877.722	-7605.859	918.424	-897.622	8483.581	1816.046	P2
	125	909.796	-5313.687	175.755	-812.774	6223.483	988.530	
123	125	909.884	-5314.149	175.755	-812.774	6224.033	988.530	
	126	1593.471	-3222.087	163.056	-662.896	4815.558	825.952	
124	126	1593.471	-3222.872	163.056	-662.896	4816.343	825.952	
	127	2723.838	-2581.250	205.172	-537.319	5305.088	742.491	
125	127	2723.838	-2581.250	205.172	-537.319	5305.088	742.491	
	128	3734.867	-2451.661	246.440	-432.399	6186.528	678.839	
126	128	3734.867	-2451.661	246.440	-439.844	6186.528	686.285	
	129	4255.322	-2353.486	293.075	-349.635	6608.808	642.711	
127	129	4255.322	-2353.486	293.075	-369.888	6608.808	662.963	
	130	4305.716	-2285.066	352.975	-283.573	6590.782	636.548	
128	130	4305.926	-2285.072	352.975	-311.906	6590.998	664.881	
	131	3888.285	-2270.684	423.909	-230.103	6158.969	654.012	
129	131	3888.994	-2270.796	423.909	-269.476	6159.790	693.385	
	132	2986.934	-2287.988	510.823	-192.890	5274.922	703.713	
130	132	2988.016	-2288.109	520.241	-230.685	5276.125	750.927	
	133	2061.938	-2916.705	620.062	-160.969	4978.643	781.030	
131	133	2062.029	-2916.705	643.567	-191.893	4978.734	835.460	
	134	1615.656	-4979.267	752.255	-141.366	6594.923	893.621	
132	134	1615.656	-4979.267	789.991	-194.233	6594.923	984.224	
	135	1745.336	-7187.941	874.457	-172.575	8933.277	1047.032	P3
133	135	1745.336	-7187.941	874.457	-885.040	8933.277	1759.497	P3
	136	1664.118	-4942.818	184.464	-800.581	6606.936	985.045	
134	136	1664.147	-4943.177	184.464	-800.581	6607.324	985.045	
	137	2134.348	-2829.191	182.472	-654.121	4963.539	836.594	
135	137	2134.348	-2829.802	182.472	-654.121	4964.150	836.594	
	138	3104.533	-2132.775	222.320	-530.788	5237.308	753.108	
136	138	3104.533	-2132.775	222.320	-530.788	5237.308	753.108	
	139	4055.894	-2072.811	261.444	-427.004	6128.705	688.447	
137	139	4055.894	-2072.811	261.444	-434.839	6128.705	696.283	
	140	4522.651	-2031.788	305.908	-344.378	6554.439	650.286	
138	140	4522.651	-2031.788	305.908	-364.592	6554.439	670.500	
	141	4521.718	-2031.480	364.678	-277.989	6553.198	642.667	
139	141	4522.105	-2031.558	364.678	-305.762	6553.663	670.441	
	142	4053.194	-2071.794	434.882	-223.718	6124.988	658.600	
140	142	4054.035	-2071.933	434.882	-261.207	6125.968	696.089	
	143	3098.867	-2131.008	521.497	-184.378	5229.875	705.875	
141	143	3100.091	-2131.195	530.906	-221.917	5231.286	752.823	
	144	2130.149	-2826.590	630.772	-152.048	4956.739	782.820	
142	144	2130.353	-2826.590	654.155	-181.802	4956.943	835.956	
	145	1663.162	-4942.540	762.912	-129.901	6605.702	892.813	
143	145	1663.162	-4942.540	800.183	-182.458	6605.702	982.641	
	146	1744.273	-7188.105	884.378	-160.253	8932.378	1044.631	P4
144	146	1746.561	-7189.205	884.378	-873.930	8935.766	1758.309	P4
	147	1615.994	-4978.998	192.250	-789.776	6594.992	982.026	

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
145	147	1616.025	-4979.468	192.250	-789.776	6595.493	982.026	
	148	2059.140	-2917.495	190.988	-643.621	4976.635	834.609	
146	148	2059.140	-2918.212	190.988	-643.621	4977.352	834.609	
	149	2984.407	-2287.307	230.331	-520.325	5271.714	750.657	
147	149	2984.407	-2287.307	230.331	-520.325	5271.714	750.657	
	150	3886.869	-2270.348	269.224	-416.346	6157.217	685.570	
148	150	3886.869	-2270.348	269.224	-423.870	6157.217	693.094	
	151	4304.820	-2284.824	311.717	-333.289	6589.644	645.006	
149	151	4304.820	-2284.824	311.717	-352.956	6589.644	664.673	
	152	4254.360	-2353.389	369.805	-266.187	6607.749	635.992	
150	152	4254.578	-2353.428	369.805	-293.129	6608.006	662.934	
	153	3733.873	-2451.632	439.807	-210.793	6185.505	650.600	
151	153	3734.622	-2451.741	439.807	-246.488	6186.363	686.296	
	154	2722.802	-2581.110	526.628	-169.270	5303.912	695.898	
152	154	2723.837	-2581.279	537.355	-205.309	5305.116	742.664	
	155	1594.750	-3225.078	637.065	-134.933	4819.828	771.998	
153	155	1594.900	-3225.078	662.820	-163.114	4819.978	825.934	
	156	910.322	-5314.550	771.690	-114.275	6224.872	885.965	
154	156	910.331	-5314.550	812.254	-176.102	6224.881	988.356	
	157	874.672	-7602.874	897.070	-154.229	8477.546	1051.298	P5
155	157	874.672	-7603.065	897.070	-916.958	8477.737	1814.028	P5
	158	1029.708	-5253.318	135.895	-833.498	6283.026	969.393	
156	158	1029.708	-5254.011	135.895	-833.498	6283.719	969.393	
	159	1821.189	-2980.821	115.339	-684.342	4802.010	799.681	
157	159	1821.189	-2981.799	115.339	-684.342	4802.988	799.681	
	160	3150.557	-2207.087	157.238	-559.609	5357.644	716.847	
158	160	3150.557	-2207.087	157.238	-559.609	5357.644	716.847	
	161	4337.197	-1882.841	195.987	-454.366	6220.038	650.353	
159	161	4337.197	-1882.855	195.987	-459.649	6220.052	655.637	
	162	5057.120	-1568.272	232.245	-368.227	6625.392	600.472	
160	162	5057.120	-1568.333	232.245	-385.870	6625.453	618.115	
	163	5330.456	-1278.427	268.069	-297.088	6608.883	565.158	
161	163	5330.596	-1278.515	268.069	-322.711	6609.111	590.780	
	164	5156.335	-994.529	311.654	-236.327	6150.864	547.981	
162	164	5157.130	-994.633	311.654	-274.314	6151.763	585.968	
	165	4508.146	-706.410	370.626	-182.207	5214.556	552.833	
163	165	4509.491	-706.503	370.626	-226.714	5215.994	597.341	
	166	3318.725	-430.988	450.671	-139.087	3749.713	589.757	
164	166	3320.278	-430.988	450.671	-170.770	3751.266	621.441	
	167	1456.658	-162.991	564.671	-86.966	1619.649	651.637	
165	167	1457.801	-162.991	589.446	-95.256	1620.792	684.701	
	168	0.814	-1.136	670.404	-61.079	1.950	731.483	P6

4.4 바. 부재력 요약

1. 단면 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	871.789	2239.534	761.516	1509.722	68.580	5451.141	절점 55 에서 0.27 M
G2	920.571	2302.754	675.677	1442.292	73.551	5414.844	절점 111 에서 0.27 M
G3	845.686	2100.157	867.461	1432.163	67.626	5313.093	절점 167 에서 0.27 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	333.347	851.969	289.316	627.218	28.257	2130.107	절점 55 에서 0.27 M
G2	351.677	873.023	258.927	599.201	29.449	2112.277	절점 111 에서 0.27 M
G3	324.711	799.780	331.374	596.947	27.491	2080.303	절점 167 에서 0.27 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	30.259	155.441	81.034	727.169	13.234	1007.136	절점 55 에서 0.27 M
G2	24.762	139.186	-96.907	973.171	9.457	1049.669	절점 111 에서 0.27 M
G3	88.581	278.989	-146.108	646.905	4.591	872.958	절점 167 에서 0.27 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	3008.469	7538.106	2492.554	4332.902	307.013	17679.044	절점 3 에서 3.12 M
G2	3010.842	7465.239	2525.468	3958.104	311.251	17270.903	절점 59 에서 3.10 M
G3	2959.868	7276.295	2728.957	4125.787	301.311	17392.216	절점 165 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	-179.478	-429.027	-140.417	-413.644	-28.370	-1190.935	절점 3 에서 3.12 M
G2	-175.771	-420.210	-163.017	-387.039	-28.733	-1174.770	절점 59 에서 3.10 M
G3	181.051	430.352	147.884	403.898	28.297	1191.481	절점 165 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	-18.758	-117.689	-59.511	-788.540	-3.446	-987.945	절점 3 에서 3.12 M
G2	-43.398	-184.742	80.057	-1035.196	-5.298	-1188.577	절점 59 에서 3.10 M
G3	78.000	247.702	-145.878	709.705	3.014	892.542	절점 165 에서 1.85 M

3. 단면 - 3

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3794.527	9351.091	3111.072	5553.035	571.014	22380.739	절점 51 에서 2.49 M
G2	3779.360	9240.235	3234.983	5169.839	578.416	22002.833	절점 107 에서 2.48 M
G3	3746.990	9091.627	3368.077	5295.083	562.037	22063.814	절점 163 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	-10.240	-37.600	-8.203	-322.461	-28.217	-406.722	절점 51 에서 2.49 M
G2	-10.217	-36.960	-6.482	-307.321	-28.836	-389.818	절점 107 에서 2.48 M
G3	-9.677	-35.130	-9.168	-313.148	-28.232	-395.354	절점 163 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	4.020	20.624	15.782	469.070	2.855	512.351	절점 51 에서 2.49 M
G2	4.241	20.490	-13.110	486.993	6.197	504.811	절점 107 에서 2.48 M
G3	10.333	34.839	-34.001	-429.299	-2.314	-420.442	절점 163 에서 2.46 M

4. 단면 - 4

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2036.548	-5079.674	-1432.896	-3198.630	-855.912	-12603.659	절점 42 에서 4.36 M
G2	-1995.927	-4961.934	-1585.923	-3000.590	-884.638	-12429.011	절점 70 에서 0.62 M
G3	-2017.956	-4983.938	-1489.636	-3084.855	-879.399	-12455.784	절점 154 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	381.623	908.752	281.879	644.546	60.764	2277.563	절점 42 에서 4.36 M
G2	-380.684	-894.663	-292.301	-577.963	-63.866	-2209.476	절점 70 에서 0.62 M
G3	380.809	883.950	328.584	624.002	64.636	2281.980	절점 154 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	-25.080	19.708	100.448	741.058	4.706	840.840	절점 42 에서 4.36 M
G2	-21.088	-132.591	74.588	-945.871	-8.580	-1033.542	절점 70 에서 0.62 M
G3	52.613	180.245	-209.988	697.017	4.644	724.533	절점 154 에서 4.31 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	-2534.330	-6263.913	-1805.465	-3593.324	-930.625	-15127.656	절점 43 에서 0.62 M
G2	-2500.004	-6138.305	-1950.806	-3304.862	-963.794	-14857.771	절점 69 에서 4.34 M
G3	-2509.403	-6110.929	-1928.278	-3421.120	-960.045	-14929.775	절점 155 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	417.219	990.905	315.020	698.684	59.171	2480.999	절점 43 에서 0.62 M
G2	-432.859	-1003.098	-297.096	-628.264	-64.103	-2425.421	절점 69 에서 4.34 M
G3	416.777	944.440	384.834	675.648	66.378	2488.077	절점 155 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	-38.955	-52.122	57.519	-710.003	-3.302	-746.862	절점 43 에서 0.62 M
G2	-14.715	-76.133	61.644	-982.066	-6.192	-1017.463	절점 69 에서 4.34 M
G3	44.371	132.596	-115.612	737.571	3.135	802.060	절점 155 에서 0.62 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	-4878.022	-11705.194	-3556.275	-5958.205	-1221.099	-27318.795	절점 12 에서 2.91 M
G2	-4929.962	-11643.539	-3508.221	-5253.610	-1278.696	-26614.028	절점 100 에서 0.58 M
G3	-4820.698	-11233.376	-4049.360	-5660.590	-1285.861	-27049.884	절점 156 에서 0.58 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-533.235	-1219.854	-416.863	-855.766	-56.660	-3082.378	절점 12 에서 2.91 M
G2	591.535	1306.766	294.377	846.113	63.842	3102.632	절점 100 에서 0.58 M
G3	532.092	1137.478	531.506	825.991	68.912	3095.979	절점 156 에서 0.58 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	45.165	93.274	-13.354	839.036	6.678	970.799	절점 12 에서 2.91 M
G2	-4.977	-21.118	-22.641	-837.942	-5.771	-892.450	절점 100 에서 0.58 M
G3	2.635	9.433	-37.932	-782.070	-3.633	-811.567	절점 156 에서 0.58 M

7. 단면 - 7

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-6543.433	-15444.761	-4830.936	-7998.135	-1385.025	-36202.290	절점 12 에서 0.00 M
G2	-6748.529	-15602.948	-4404.070	-7114.939	-1463.382	-35333.868	절점 101 에서 0.00 M
G3	-6458.071	-14685.311	-5648.654	-7605.859	-1483.174	-35881.069	절점 124 에서 0.00 M

< SHEAR FORCE >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	694.367	1548.477	525.989	951.250	22.150	3742.233	절점 12 에서 0.00 M
G2	-752.574	-1635.877	-394.183	-946.824	-28.689	-3758.148	절점 101 에서 0.00 M
G3	694.204	1470.313	648.558	918.424	34.071	3765.571	절점 124 에서 0.00 M

< TORSION MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-6.223	53.174	54.922	851.949	9.327	963.150	절점 12 에서 0.00 M
G2	-40.579	-135.817	26.191	-1065.613	-5.854	-1221.672	절점 101 에서 0.00 M
G3	48.357	160.694	-111.804	835.206	7.186	939.639	절점 124 에서 0.00 M

8. 단면 - 8

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	2188.748	5357.194	1772.199	4780.446	246.116	14344.703	절점 28 에서 2.49 M
G2	2184.924	5283.496	1844.054	4463.755	249.616	14025.845	절점 84 에서 2.48 M
G3	2160.002	5164.296	2002.951	4572.147	242.959	14142.355	절점 140 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	-0.026	-0.048	-0.012	-330.078	-69.257	-399.422	절점 28 에서 2.49 M
G2	-0.023	-0.041	-0.011	-319.200	-71.084	-390.359	절점 84 에서 2.48 M
G3	-0.015	-0.026	-0.005	-319.036	-70.011	-389.093	절점 140 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	-0.100	-0.206	-0.045	-388.628	-3.674	-392.652	절점 28 에서 2.49 M
G2	-0.134	-0.296	-0.054	-395.390	-6.912	-402.785	절점 84 에서 2.48 M
G3	-0.056	-0.103	-0.003	-355.056	-3.798	-359.015	절점 140 에서 2.46 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	1393.005	3262.988	1216.322	3959.701	987.553	10819.569	절점 48 에서 2.49 M
G2	1407.979	3258.609	1191.157	3742.458	1006.717	10606.920	절점 104 에서 2.48 M
G3	1378.781	3156.528	1365.921	3789.196	984.996	10675.422	절점 160 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	-312.502	-778.181	-243.399	-516.576	-27.254	-1877.912	절점 48 에서 2.49 M
G2	-309.693	-766.346	-266.799	-472.096	-28.835	-1843.769	절점 104 에서 2.48 M
G3	-312.277	-766.500	-265.181	-499.755	-29.348	-1873.060	절점 160 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	-15.464	-114.290	-54.358	-731.549	-8.615	-924.277	절점 48 에서 2.49 M
G2	-48.036	-202.549	76.496	-904.484	-11.977	-1090.549	절점 104 에서 2.48 M
G3	-74.261	-239.464	143.051	-672.932	-8.900	-852.505	절점 160 에서 2.46 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	-3349.330	-8185.617	-2417.027	-4336.526	-1040.931	-19329.431	절점 13 에서 2.49 M
G2	-3339.449	-8070.364	-2519.746	-3897.826	-1082.975	-18910.360	절점 69 에서 2.48 M
G3	-3313.986	-7923.029	-2665.907	-4112.116	-1082.730	-19097.768	절점 155 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	-459.898	-1073.522	-342.017	-740.184	-59.044	-2674.665	절점 13 에서 2.49 M
G2	-475.187	-1084.299	-317.161	-667.070	-64.103	-2607.820	절점 69 에서 2.48 M
G3	458.855	1025.415	416.911	715.487	66.378	2683.047	절점 155 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	43.679	49.203	-77.985	-774.847	-5.519	-765.469	절점 13 에서 2.49 M
G2	-14.715	-87.231	60.943	-994.674	-6.192	-1041.868	절점 69 에서 2.48 M
G3	44.371	142.425	-157.779	750.137	3.135	782.288	절점 155 에서 2.46 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	-4255.695	-10279.086	-3084.733	-5261.667	-1151.372	-24032.552	절점 13 에서 0.62 M
G2	-4268.499	-10170.166	-3130.136	-4655.257	-1202.156	-23426.213	절점 69 에서 0.62 M
G3	-4207.125	-9901.422	-3469.410	-4995.306	-1205.415	-23778.677	절점 155 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	-504.592	-1155.773	-368.934	-783.375	-59.044	-2871.717	절점 13 에서 0.62 M
G2	-519.611	-1165.500	-337.225	-713.783	-64.103	-2800.223	절점 69 에서 0.62 M
G3	503.019	1106.390	448.988	757.537	66.378	2882.311	절점 155 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	43.679	33.908	-101.110	-779.792	-5.519	-808.834	절점 13 에서 0.62 M
G2	-14.715	-98.328	60.243	-1008.385	-6.192	-1067.378	절점 69 에서 0.62 M
G3	44.371	152.254	-199.945	781.090	3.135	780.904	절점 155 에서 4.31 M

12. 현장이음 - 1

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3219.078	8038.845	2656.443	4609.859	342.385	18866.609	절점 3 에서 4.36 M
G2	3215.697	7952.538	2719.237	4220.560	346.866	18454.897	절점 59 에서 4.34 M
G3	3169.794	7772.794	2897.866	4386.020	335.958	18562.432	절점 115 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	-158.264	-374.201	-122.475	-385.910	-28.370	-1069.220	절점 3 에서 4.36 M
G2	-154.681	-366.075	-149.641	-360.269	-28.733	-1059.399	절점 59 에서 4.34 M
G3	-160.011	-376.190	-126.445	-376.592	-28.235	-1067.474	절점 115 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	-18.758	-107.494	-44.097	-785.244	-3.446	-959.039	절점 3 에서 4.36 M
G2	-43.398	-177.344	80.525	-1027.143	-5.298	-1172.657	절점 59 에서 4.34 M
G3	-77.099	-238.913	118.369	-714.918	-2.423	-914.985	절점 115 에서 4.31 M

13. 현장이음 - 2

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3666.509	8996.233	3008.194	5568.629	659.037	21898.601	절점 6 에서 0.62 M
G2	3652.480	8891.101	3139.947	5217.973	667.672	21569.173	절점 62 에서 0.62 M
G3	3621.673	8748.299	3255.234	5315.008	648.558	21588.771	절점 118 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	77.642	200.904	60.890	333.417	28.045	700.899	절점 6 에서 0.62 M
G2	77.360	199.657	74.123	308.192	28.832	688.163	절점 62 에서 0.62 M
G3	77.688	198.902	60.315	322.795	28.389	688.088	절점 118 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	7.466	24.943	-19.384	458.850	3.779	475.654	절점 6 에서 0.62 M
G2	17.936	59.171	-21.338	484.491	7.583	547.844	절점 62 에서 0.62 M
G3	20.383	57.285	14.570	363.590	4.645	460.473	절점 118 에서 0.62 M

14. 현장이음 - 3

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1580.463	3731.144	1362.486	4110.671	970.571	11755.334	절점 8 에서 1.87 M
G2	1592.253	3715.859	1352.077	3881.998	988.619	11530.805	절점 64 에서 1.86 M
G3	1563.626	3611.148	1522.488	3933.343	966.784	11597.388	절점 120 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	301.024	750.860	234.461	504.764	27.221	1818.330	절점 8 에서 1.87 M
G2	298.338	739.522	260.165	461.081	28.782	1787.889	절점 64 에서 1.86 M
G3	300.816	739.331	254.429	487.719	29.411	1811.705	절점 120 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	14.121	105.701	45.914	726.303	7.918	899.956	절점 8 에서 1.87 M
G2	50.130	204.191	-75.643	906.442	13.078	1098.197	절점 64 에서 1.86 M
G3	73.328	233.859	-129.606	670.692	8.308	856.582	절점 120 에서 1.85 M

15. 현장이음 - 4

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3202.220	-7802.033	-2277.683	-4511.315	-1261.953	-19055.204	절점 10 에서 3.12 M
G2	-3196.396	-7681.055	-2355.862	-3953.347	-1309.790	-18496.448	절점 66 에서 3.10 M
G3	-3156.866	-7486.230	-2574.769	-4277.337	-1306.315	-18801.516	절점 122 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	558.460	1302.780	418.145	776.805	24.467	3080.657	절점 10 에서 3.12 M
G2	573.462	1313.411	392.074	701.635	29.001	3009.583	절점 66 에서 3.10 M
G3	557.510	1255.498	494.558	750.236	32.106	3089.907	절점 122 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	-6.236	73.137	91.525	880.700	7.823	1046.950	절점 10 에서 3.12 M
G2	56.061	218.966	-65.862	1142.169	13.754	1365.089	절점 66 에서 3.10 M
G3	84.905	267.981	-182.268	851.582	9.212	1031.411	절점 122 에서 3.08 M

16. 현장이음 - 5

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3645.230	-8872.044	-2635.867	-4631.915	-1077.745	-20862.800	절점 13 에서 1.87 M
G2	-3642.986	-8759.115	-2720.446	-4138.469	-1122.702	-20383.718	절점 69 에서 1.86 M
G3	-3604.860	-8569.545	-2929.005	-4393.363	-1124.205	-20620.977	절점 125 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	-474.655	-1100.939	-350.989	-754.499	-59.044	-2740.127	절점 13 에서 1.87 M
G2	-489.855	-1111.366	-323.849	-682.158	-64.103	-2671.331	절점 69 에서 1.86 M
G3	-473.418	-1052.342	-427.622	-729.498	-66.384	-2749.264	절점 125 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	43.679	44.105	-85.693	-776.496	-5.519	-779.924	절점 13 에서 1.87 M
G2	-14.715	-90.930	60.710	-999.166	-6.192	-1050.294	절점 69 에서 1.86 M
G3	-41.737	-138.812	173.195	-761.508	-2.491	-771.354	절점 125 에서 1.85 M

17. 현장이음 - 6

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	677.858	1603.854	626.282	4029.494	429.789	7367.275	절점 16 에서 0.62 M
G2	685.566	1567.914	647.470	3699.610	438.920	7039.480	절점 72 에서 0.62 M
G3	662.450	1463.590	829.637	3885.832	430.303	7271.812	절점 128 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	-161.011	-408.722	-127.635	-442.103	-62.142	-1201.612	절점 16 에서 0.62 M
G2	-159.759	-403.162	-132.558	-421.489	-63.915	-1180.882	절점 72 에서 0.62 M
G3	-160.688	-403.322	-141.320	-427.882	-63.139	-1196.351	절점 128 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	2.422	-38.323	-46.381	-479.339	-4.122	-565.743	절점 16 에서 0.62 M
G2	-12.928	-76.449	34.662	-600.817	-8.249	-663.781	절점 72 에서 0.62 M
G3	-22.091	-84.919	108.268	-444.698	-4.331	-447.771	절점 128 에서 0.62 M

18. 현장이음 - 7

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1118.805	2688.299	950.991	4137.184	608.138	9503.417	절점 18 에서 4.36 M
G2	1124.192	2645.412	979.591	3845.344	619.798	9214.335	절점 74 에서 4.34 M
G3	1099.407	2535.635	1154.832	3959.090	606.612	9355.574	절점 130 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	96.712	250.569	80.328	425.871	62.110	915.590	절점 18 에서 4.36 M
G2	95.428	245.134	83.831	421.543	63.924	909.859	절점 74 에서 4.34 M
G3	96.206	245.146	93.291	413.694	63.165	911.502	절점 130 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	-5.913	27.965	46.068	472.345	3.687	544.151	절점 18 에서 4.36 M
G2	6.201	56.117	-34.197	584.366	8.593	621.079	절점 74 에서 4.34 M
G3	17.586	72.261	-109.466	-419.493	-3.785	-442.897	절점 130 에서 4.31 M

19. 현장이음 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2320.390	-5603.008	-1674.924	-4293.866	-1439.670	-15331.857	절점 21 에서 3.12 M
G2	-2322.230	-5515.498	-1726.231	-3821.496	-1491.425	-14876.880	절점 77 에서 3.10 M
G3	-2292.291	-5359.157	-1935.850	-4082.858	-1484.706	-15154.861	절점 133 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	410.202	940.614	305.610	733.549	58.845	2448.820	절점 21 에서 3.12 M
G2	424.993	952.242	275.772	666.471	64.034	2383.513	절점 77 에서 3.10 M
G3	408.748	895.304	376.714	710.112	66.737	2457.614	절점 133 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	-31.936	-10.320	88.669	782.203	5.965	834.581	절점 21 에서 3.12 M
G2	15.815	97.160	-64.256	1014.284	7.073	1070.077	절점 77 에서 3.10 M
G3	50.546	165.032	-174.731	762.511	5.457	808.816	절점 133 에서 3.08 M

20. 현장이음 - 9

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2148.626	-5181.789	-1546.903	-4236.423	-1402.065	-14515.805	절점 24 에서 1.87 M
G2	-2150.201	-5092.676	-1596.428	-3762.825	-1453.441	-14055.570	절점 80 에서 1.86 M
G3	-2120.345	-4936.435	-1809.787	-4028.588	-1447.653	-14342.808	절점 136 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	-442.267	-1019.427	-329.540	-744.661	-65.855	-2601.750	절점 24 에서 1.87 M
G2	-457.251	-1031.393	-300.085	-678.376	-71.185	-2538.289	절점 80 에서 1.86 M
G3	-441.150	-974.892	-400.535	-720.700	-73.722	-2610.999	절점 136 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	18.680	-23.588	-95.681	-795.510	-5.527	-901.627	절점 24 에서 1.87 M
G2	-30.146	-133.964	56.952	-1019.716	-5.853	-1132.727	절점 80 에서 1.86 M
G3	-64.170	-199.968	167.444	-769.411	-4.994	-871.099	절점 136 에서 1.85 M

21. 현장이음 - 10

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1731.018	4191.786	1406.964	4321.447	549.341	12200.555	절점 27 에서 0.62 M
G2	1734.848	4145.226	1441.137	4045.518	560.014	11926.743	절점 83 에서 0.62 M
G3	1708.620	4032.135	1603.331	4132.256	548.180	12024.520	절점 139 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	-128.908	-329.676	-104.179	-436.792	-69.111	-1068.666	절점 27 에서 0.62 M
G2	-127.637	-324.242	-108.194	-420.029	-71.064	-1051.166	절점 83 에서 0.62 M
G3	-128.405	-324.192	-117.145	-422.852	-70.165	-1062.759	절점 139 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	-0.287	-44.440	-48.687	-480.280	-4.566	-578.260	절점 27 에서 0.62 M
G2	-13.317	-75.474	31.884	-589.704	-7.801	-654.412	절점 83 에서 0.62 M
G3	-24.372	-90.069	106.231	-445.005	-4.656	-457.871	절점 139 에서 0.62 M

22. 현장이음 - 11

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1731.401	4192.501	1407.146	4319.330	549.294	12199.671	절점 29 에서 4.36 M
G2	1735.161	4145.810	1441.283	4045.680	560.018	11927.951	절점 85 에서 4.34 M
G3	1708.807	4032.446	1603.388	4130.451	548.234	12023.326	절점 141 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	128.851	329.571	104.151	436.854	69.084	1068.510	절점 29 에서 4.36 M
G2	127.591	324.158	108.173	420.019	71.062	1051.003	절점 85 에서 4.34 M
G3	128.380	324.150	117.136	422.901	70.194	1062.761	절점 141 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	0.103	44.064	48.605	480.927	4.620	578.319	절점 29 에서 4.36 M
G2	13.066	74.918	-31.984	591.631	7.859	655.490	절점 85 에서 4.34 M
G3	24.282	89.916	-106.228	445.997	4.663	458.630	절점 141 에서 4.31 M

23. 현장이음 - 12

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2146.646	-5177.773	-1545.976	-4237.101	-1399.842	-14507.337	절점 32 에서 3.12 M
G2	-2149.604	-5091.788	-1596.290	-3761.955	-1453.519	-14053.156	절점 88 에서 3.10 M
G3	-2120.246	-4936.433	-1809.693	-4026.847	-1449.399	-14342.618	절점 144 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	442.068	1018.998	329.453	745.152	65.618	2601.289	절점 32 에서 3.12 M
G2	457.285	1031.516	300.118	678.446	71.233	2538.598	절점 88 에서 3.10 M
G3	441.186	974.965	400.533	720.756	73.910	2611.350	절점 144 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	-18.390	24.314	95.791	790.238	5.448	897.401	절점 32 에서 3.12 M
G2	30.362	134.333	-56.931	1017.464	5.778	1131.006	절점 88 에서 3.10 M
G3	64.370	200.425	-167.374	766.184	4.903	868.508	절점 144 에서 3.08 M

24. 현장이음 - 13

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	-2321.308	-5604.990	-1675.326	-4291.833	-1442.155	-15335.610	절점 35 에서 1.87 M
G2	-2322.362	-5515.723	-1726.242	-3821.376	-1491.474	-14877.176	절점 91 에서 1.86 M
G3	-2292.260	-5359.253	-1935.970	-4082.054	-1482.771	-15152.307	절점 147 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	-410.295	-940.821	-305.645	-733.738	-59.095	-2449.593	절점 35 에서 1.87 M
G2	-424.928	-952.083	-275.724	-666.619	-64.000	-2383.354	절점 91 에서 1.86 M
G3	-408.727	-895.294	-376.733	-710.141	-66.535	-2457.430	절점 147 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	32.686	12.004	-88.299	-780.417	-6.817	-830.842	절점 35 에서 1.87 M
G2	-15.322	-96.042	64.416	-1007.014	-7.903	-1061.864	절점 91 에서 1.86 M
G3	-50.204	-164.337	174.827	-760.128	-6.080	-805.923	절점 147 에서 1.85 M

25. 현장이음 - 14

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1118.385	2687.469	950.750	4134.833	608.714	9500.150	절점 38 에서 0.62 M
G2	1123.825	2644.704	979.395	3845.205	619.984	9213.113	절점 94 에서 0.62 M
G3	1099.309	2535.595	1154.876	3956.972	606.224	9352.974	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	-96.706	-250.561	-80.325	-426.037	-62.150	-915.779	절점 38 에서 0.62 M
G2	-95.425	-245.136	-83.832	-421.544	-63.927	-909.863	절점 94 에서 0.62 M
G3	-96.219	-245.191	-93.300	-413.752	-63.136	-911.598	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	6.662	-26.126	-45.633	-474.555	-4.885	-544.537	절점 38 에서 0.62 M
G2	-6.444	-56.776	34.004	-583.318	-8.099	-620.632	절점 94 에서 0.62 M
G3	-17.292	-71.543	109.645	419.421	3.901	444.131	절점 150 에서 0.62 M

26. 현장이음 - 15

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	677.312	1602.840	626.006	4030.369	429.661	7366.187	절점 40 에서 4.36 M
G2	685.253	1567.484	647.401	3699.597	438.897	7038.630	절점 96 에서 4.34 M
G3	662.539	1464.106	829.714	3885.437	430.324	7272.121	절점 152 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	161.024	408.742	127.637	442.043	62.158	1201.603	절점 40 에서 4.36 M
G2	159.746	403.118	132.538	421.466	63.936	1180.804	절점 96 에서 4.34 M
G3	160.683	403.309	141.329	427.854	63.115	1196.289	절점 152 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	-1.098	41.667	47.123	481.193	4.583	573.469	절점 40 에서 4.36 M
G2	11.792	73.519	-35.335	595.675	7.645	653.296	절점 96 에서 4.34 M
G3	22.651	86.382	-107.878	444.626	4.592	450.373	절점 152 에서 4.31 M

27. 현장이음 - 16

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3645.663	-8871.954	-2635.867	-4628.575	-1078.195	-20860.253	절점 43 에서 3.12 M
G2	-3642.444	-8757.589	-2720.239	-4137.673	-1122.883	-20380.828	절점 99 에서 3.10 M
G3	-3605.624	-8571.407	-2929.350	-4394.089	-1123.625	-20624.094	절점 155 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	474.561	1100.573	350.908	753.963	59.171	2739.176	절점 43 에서 3.12 M
G2	489.918	1111.609	323.936	682.413	64.000	2671.875	절점 99 에서 3.10 M
G3	473.438	1052.407	427.603	729.435	66.378	2749.261	절점 155 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	-38.955	-31.728	88.352	774.711	3.837	796.216	절점 43 에서 3.12 M
G2	9.394	77.601	-63.345	998.394	4.282	1026.326	절점 99 에서 3.10 M
G3	44.371	145.701	-171.834	760.293	3.135	781.665	절점 155 에서 3.08 M

28. 현장이음 - 17

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3200.168	-7797.984	-2276.627	-4505.550	-1262.980	-19043.307	절점 46 에서 1.87 M
G2	-3195.792	-7679.613	-2355.705	-3953.298	-1309.930	-18494.338	절점 102 에서 1.86 M
G3	-3157.608	-7488.150	-2575.118	-4278.007	-1305.763	-18804.645	절점 158 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	-558.082	-1301.938	-417.951	-775.605	-24.657	-3078.234	절점 46 에서 1.87 M
G2	-573.715	-1313.971	-392.239	-702.608	-28.853	-3011.385	절점 102 에서 1.86 M
G3	-557.560	-1255.604	-494.550	-750.258	-32.091	-3090.062	절점 158 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	1.324	-85.446	-94.157	-884.244	-10.425	-1072.949	절점 46 에서 1.87 M
G2	-51.113	-206.032	68.391	-1133.126	-11.218	-1333.097	절점 102 에서 1.86 M
G3	-87.572	-274.671	180.959	-854.735	-10.571	-1046.590	절점 158 에서 1.85 M

29. 현장이음 - 18

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	1580.622	3731.090	1362.488	4110.949	970.560	11755.707	절점 48 에서 3.12 M
G2	1592.768	3716.773	1352.359	3882.898	988.847	11533.644	절점 104 에서 3.10 M
G3	1564.081	3612.050	1522.681	3933.294	966.919	11599.023	절점 160 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	-300.979	-750.764	-234.427	-504.587	-27.254	-1818.012	절점 48 에서 3.12 M
G2	-298.240	-739.279	-260.110	-460.818	-28.835	-1787.282	절점 104 에서 3.10 M
G3	-300.893	-739.514	-254.490	-488.048	-29.348	-1812.293	절점 160 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	-15.464	-109.192	-46.650	-729.901	-8.615	-909.822	절점 48 에서 3.12 M
G2	-48.036	-198.849	76.730	-900.287	-11.977	-1082.419	절점 104 에서 3.10 M
G3	-74.261	-236.188	128.998	-672.720	-8.900	-863.070	절점 160 에서 3.08 M

30. 현장이음 - 19

< BENDING MOMENT >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중	지 점 침 하	합 계	위 치
	Steel	Concrete					
G1	3666.310	8995.409	3007.942	5570.864	658.789	21899.313	절점 50 에서 4.36 M
G2	3652.427	8890.666	3139.858	5219.031	667.580	21569.561	절점 106 에서 4.34 M
G3	3622.252	8749.488	3255.627	5315.525	648.994	21591.885	절점 162 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	-77.616	-200.846	-60.873	-333.403	-28.061	-700.798	절점 50 에서 4.36 M
G2	-77.339	-199.608	-74.104	-308.171	-28.847	-688.069	절점 106 에서 4.34 M
G3	-77.672	-198.863	-60.314	-322.817	-28.382	-688.048	절점 162 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	-7.617	-25.437	19.296	-460.565	-3.171	-477.493	절점 50 에서 4.36 M
G2	-17.490	-58.101	21.523	-484.573	-7.799	-546.439	절점 106 에서 4.34 M
G3	-20.421	-57.404	-14.624	-363.999	-4.360	-460.808	절점 162 에서 4.31 M

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3218.416	8036.934	2655.984	4613.020	341.928	18866.281	절점 53 에서 0.62 M
G2	3215.597	7952.069	2719.223	4220.253	346.934	18454.076	절점 109 에서 0.62 M
G3	3170.061	7773.225	2897.974	4385.989	336.172	18563.419	절점 165 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	158.320	374.336	122.496	385.911	28.400	1069.462	절점 53 에서 0.62 M
G2	154.614	365.911	149.591	360.436	28.665	1059.217	절점 109 에서 0.62 M
G3	160.089	376.378	126.503	376.688	28.297	1067.956	절점 165 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	20.002	110.538	44.790	777.350	4.264	956.944	절점 53 에서 0.62 M
G2	41.523	172.501	-81.558	1033.169	6.621	1172.255	절점 109 에서 0.62 M
G3	78.000	241.151	-117.772	709.314	3.014	913.706	절점 165 에서 0.62 M

4.4 사. 반력 집계

A. G1 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	539.174	-29.458	28.164	-28.164	2276.264	1651.303	281
G2	447.526	1082.519	206.747	59.913	-21.949	31.152	-31.152	1827.858	1683.691	287
G3	339.136	818.326	434.036	3.204	-50.996	26.191	-26.191	1620.893	1514.312	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	586.194	-42.434	75.961	-75.961	5881.592	5101.042	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	93.695	-39.220	94.710	-94.710	5451.358	5129.024	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	10.862	-37.499	104.593	-104.593	5425.967	5168.419	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	584.437	-50.516	117.297	-117.297	5157.601	4288.052	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	79.034	-39.189	134.347	-134.347	4731.817	4344.899	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	9.229	-30.227	149.073	-149.073	4688.068	4350.465	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	584.438	-50.495	117.334	-117.334	5157.314	4287.714	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	79.868	-39.196	134.380	-134.380	4732.513	4344.689	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	9.249	-29.768	149.017	-149.017	4688.155	4351.104	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	585.857	-40.827	77.150	-77.150	5873.702	5092.718	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	99.926	-39.165	91.896	-91.896	5477.042	5154.159	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	7.495	-34.497	106.254	-106.254	5410.433	5155.934	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	539.066	-30.101	27.798	-27.798	2273.025	1648.264	286
G2	449.565	1087.748	207.775	60.452	-21.843	32.273	-32.273	1837.814	1690.972	292
G3	337.833	815.016	433.369	5.030	-51.227	25.459	-25.459	1616.707	1509.532	298

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	727.324	-49.319	28.164	-28.164	2464.413	1631.441	281
G2	447.526	1082.519	206.747	313.636	-33.560	31.152	-31.152	2081.581	1672.080	287
G3	339.136	818.326	434.036	7.970	-82.887	26.191	-26.191	1625.659	1482.420	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	795.884	-71.401	75.961	-75.961	6091.282	5072.074	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	374.871	-46.663	94.710	-94.710	5732.534	5121.581	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	32.111	-70.751	104.593	-104.593	5447.215	5135.167	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	786.871	-85.474	117.297	-117.297	5360.034	4253.095	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	357.335	-65.088	134.347	-134.347	5010.117	4319.000	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	23.445	-61.460	149.073	-149.073	4702.283	4319.232	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	786.833	-85.496	117.334	-117.334	5359.709	4252.713	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	358.313	-65.146	134.380	-134.380	5010.959	4318.740	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	23.407	-60.891	149.017	-149.017	4702.313	4319.981	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	794.879	-68.914	77.150	-77.150	6082.725	5064.630	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	381.904	-51.603	91.896	-91.896	5759.021	5141.721	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	26.569	-66.592	106.254	-106.254	5429.508	5123.839	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	727.287	-50.286	27.798	-27.798	2461.247	1628.079	286
G2	449.565	1087.748	207.775	314.054	-30.182	32.273	-32.273	2091.416	1682.633	292
G3	337.833	815.016	433.369	11.348	-83.100	25.459	-25.459	1623.025	1477.659	298

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	688.440	-56.681	28.164	-28.164	2425.529	1624.080	281
G2	447.526	1082.519	206.747	680.798	-44.081	31.152	-31.152	2448.743	1661.560	287
G3	339.136	818.326	434.036	66.309	-80.038	26.191	-26.191	1683.998	1485.269	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	779.120	-83.800	75.961	-75.961	6074.518	5059.675	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	797.534	-62.451	94.710	-94.710	6155.197	5105.793	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	127.043	-81.142	104.593	-104.593	5542.147	5124.776	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	754.957	-102.401	117.297	-117.297	5328.121	4236.168	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	781.554	-86.450	134.347	-134.347	5434.336	4297.638	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	102.647	-79.934	149.073	-149.073	4781.485	4300.758	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	754.932	-102.442	117.334	-117.334	5327.808	4235.767	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	782.453	-86.560	134.380	-134.380	5435.099	4297.325	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	102.702	-79.371	149.017	-149.017	4781.608	4301.501	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	777.175	-81.088	77.150	-77.150	6065.020	5052.457	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	804.225	-67.869	91.896	-91.896	6181.342	5125.455	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	120.330	-76.597	106.254	-106.254	5523.269	5113.834	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	688.215	-57.825	27.798	-27.798	2422.174	1620.540	286
G2	449.565	1087.748	207.775	681.547	-40.160	32.273	-32.273	2458.909	1672.655	292
G3	337.833	815.016	433.369	68.855	-81.159	25.459	-25.459	1680.532	1479.600	298

d. 4차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	576.362	-81.379	28.164	-28.164	2313.451	1599.382	281
G2	447.526	1082.519	206.747	735.935	-47.354	31.152	-31.152	2503.880	1658.286	287
G3	339.136	818.326	434.036	263.440	-82.394	26.191	-26.191	1881.129	1482.913	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	656.184	-109.280	75.961	-75.961	5951.582	5034.195	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	853.353	-68.209	94.710	-94.710	6211.016	5100.035	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	336.291	-93.482	104.593	-104.593	5751.395	5112.435	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	634.744	-124.052	117.297	-117.297	5207.908	4214.517	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	837.626	-93.825	134.347	-134.347	5490.408	4290.263	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	311.480	-97.502	149.073	-149.073	4990.318	4283.190	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	634.750	-124.093	117.334	-117.334	5207.626	4214.116	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	838.225	-93.935	134.380	-134.380	5490.871	4289.950	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	311.587	-97.035	149.017	-149.017	4990.493	4283.837	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	654.114	-107.066	77.150	-77.150	5941.960	5026.478	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	859.656	-72.981	91.896	-91.896	6236.773	5120.343	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	330.288	-89.488	106.254	-106.254	5733.227	5100.943	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	576.341	-82.462	27.798	-27.798	2310.301	1595.902	286
G2	449.565	1087.748	207.775	736.948	-43.635	32.273	-32.273	2514.310	1669.180	292
G3	337.833	815.016	433.369	265.352	-83.633	25.459	-25.459	1877.029	1477.126	298

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	579.662	-39.219	28.164	-28.164	2316.752	1641.542	281
G2	447.526	1082.519	206.747	78.266	-41.910	31.152	-31.152	1846.211	1663.730	287
G3	339.136	818.326	434.036	4.928	-67.066	26.191	-26.191	1622.617	1498.242	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	1178.859	-59.803	75.961	-75.961	6474.257	5083.672	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	172.942	-53.605	94.710	-94.710	5530.605	5114.639	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	15.180	-80.905	104.593	-104.593	5430.285	5125.013	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	1139.331	-110.503	117.297	-117.297	5712.494	4228.065	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	164.513	-95.423	134.347	-134.347	4817.296	4288.665	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	13.213	-84.073	149.073	-149.073	4692.051	4296.619	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	1140.048	-111.109	117.334	-117.334	5712.924	4227.100	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	164.253	-94.645	134.380	-134.380	4816.899	4289.240	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	13.243	-83.993	149.017	-149.017	4692.149	4296.879	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	1174.944	-56.361	77.150	-77.150	6462.789	5077.184	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	183.599	-59.552	91.896	-91.896	5560.716	5133.772	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	10.563	-77.907	106.254	-106.254	5413.502	5112.524	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	581.374	-41.486	27.798	-27.798	2315.333	1636.878	286
G2	449.565	1087.748	207.775	73.232	-35.939	32.273	-32.273	1850.594	1676.876	292
G3	337.833	815.016	433.369	7.942	-70.321	25.459	-25.459	1619.619	1490.438	298

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	794.987	-65.526	28.164	-28.164	2532.077	1615.235	281
G2	447.526	1082.519	206.747	350.177	-50.592	31.152	-31.152	2118.122	1655.049	287
G3	339.136	818.326	434.036	10.214	-105.574	26.191	-26.191	1627.903	1459.733	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	1638.467	-100.408	75.961	-75.961	6933.865	5043.067	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	719.492	-63.867	94.710	-94.710	6077.155	5104.377	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	49.359	-134.510	104.593	-104.593	5464.463	5071.407	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	1578.329	-185.523	117.297	-117.297	6151.492	4153.046	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	700.362	-143.904	134.347	-134.347	5353.144	4240.184	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	42.028	-152.446	149.073	-149.073	4720.866	4228.246	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	1579.277	-186.515	117.334	-117.334	6152.153	4151.694	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	699.856	-143.117	134.380	-134.380	5352.502	4240.769	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	41.971	-152.184	149.017	-149.017	4720.877	4228.687	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	1632.760	-95.174	77.150	-77.150	6920.605	5038.371	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	734.420	-75.340	91.896	-91.896	6111.537	5117.985	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	41.393	-128.533	106.254	-106.254	5444.331	5061.898	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	797.960	-68.955	27.798	-27.798	2531.920	1609.409	286
G2	449.565	1087.748	207.775	341.707	-40.274	32.273	-32.273	2119.069	1672.541	292
G3	337.833	815.016	433.369	16.290	-110.835	25.459	-25.459	1627.967	1449.924	298

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	760.510	-77.206	28.164	-28.164	2497.600	1603.555	281
G2	447.526	1082.519	206.747	715.845	-66.285	31.152	-31.152	2483.790	1639.355	287
G3	339.136	818.326	434.036	88.894	-106.662	26.191	-26.191	1706.583	1458.645	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	1584.720	-120.697	75.961	-75.961	6880.118	5022.779	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1442.167	-85.744	94.710	-94.710	6799.830	5082.500	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	256.958	-149.649	104.593	-104.593	5672.062	5056.268	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	1517.154	-224.536	117.297	-117.297	6090.317	4114.033	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1413.192	-191.480	134.347	-134.347	6065.974	4192.608	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	232.842	-197.054	149.073	-149.073	4911.680	4183.638	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	1518.045	-225.453	117.334	-117.334	6090.921	4112.756	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1412.880	-190.944	134.380	-134.380	6065.526	4192.942	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	232.699	-196.666	149.017	-149.017	4911.605	4184.206	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	1578.051	-114.942	77.150	-77.150	6865.896	5018.603	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1458.682	-98.715	91.896	-91.896	6835.799	5094.610	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	247.532	-142.814	106.254	-106.254	5650.471	5047.617	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	763.639	-81.046	27.798	-27.798	2497.599	1597.319	286
G2	449.565	1087.748	207.775	706.681	-54.587	32.273	-32.273	2484.043	1658.229	292
G3	337.833	815.016	433.369	95.347	-113.186	25.459	-25.459	1707.024	1447.572	298

d. 4차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	637.531	-101.707	28.164	-28.164	2374.621	1579.054	281
G2	447.526	1082.519	206.747	766.718	-69.469	31.152	-31.152	2534.663	1636.171	287
G3	339.136	818.326	434.036	299.953	-109.522	26.191	-26.191	1917.642	1455.785	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	1330.183	-160.416	75.961	-75.961	6625.581	4983.060	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1556.830	-92.588	94.710	-94.710	6914.493	5075.656	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	700.332	-160.074	104.593	-104.593	6115.436	5045.843	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	1274.130	-259.113	117.297	-117.297	5847.293	4079.456	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1525.200	-203.710	134.347	-134.347	6177.982	4180.378	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	660.900	-230.447	149.073	-149.073	5339.738	4150.245	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	1274.843	-259.807	117.334	-117.334	5847.719	4078.402	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1525.125	-203.467	134.380	-134.380	6177.771	4180.418	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	660.744	-230.076	149.017	-149.017	5339.650	4150.796	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	1323.939	-155.342	77.150	-77.150	6611.784	4978.203	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1572.317	-104.397	91.896	-91.896	6949.434	5088.928	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	691.365	-153.672	106.254	-106.254	6094.303	5036.760	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	640.378	-105.285	27.798	-27.798	2374.338	1573.079	286
G2	449.565	1087.748	207.775	758.771	-58.750	32.273	-32.273	2536.133	1654.065	292
G3	337.833	815.016	433.369	305.693	-115.772	25.459	-25.459	1917.370	1444.987	298

B. G2 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	135.538	-19.932	28.164	-28.164	1872.628	1660.828	281
G2	447.526	1082.519	206.747	389.273	-16.643	31.152	-31.152	2157.218	1688.997	287
G3	339.136	818.326	434.036	18.255	-23.922	26.191	-26.191	1635.944	1541.386	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	163.278	-29.680	75.961	-75.961	5458.676	5113.796	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	435.495	-24.029	94.710	-94.710	5793.159	5144.215	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	49.437	-31.035	104.593	-104.593	5464.542	5174.883	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	148.729	-36.617	117.297	-117.297	4721.892	4301.951	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	434.563	-32.888	134.347	-134.347	5087.345	4351.200	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	36.051	-33.551	149.073	-149.073	4714.889	4347.141	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	148.681	-36.666	117.334	-117.334	4721.557	4301.543	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	434.532	-33.003	134.380	-134.380	5087.178	4350.882	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	35.996	-33.491	149.017	-149.017	4714.902	4347.381	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	162.147	-28.827	77.150	-77.150	5449.992	5104.718	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	434.998	-25.726	91.896	-91.896	5812.115	5167.599	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	47.070	-30.495	106.254	-106.254	5450.009	5159.936	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	135.511	-20.275	27.798	-27.798	1869.470	1658.089	286
G2	449.565	1087.748	207.775	389.101	-15.414	32.273	-32.273	2166.463	1697.401	292
G3	337.833	815.016	433.369	18.800	-23.823	25.459	-25.459	1630.477	1536.935	298

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	148.177	-51.037	28.164	-28.164	1885.267	1629.724	281
G2	447.526	1082.519	206.747	796.821	-31.218	31.152	-31.152	2564.766	1674.422	287
G3	339.136	818.326	434.036	128.479	-36.776	26.191	-26.191	1746.168	1528.532	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	199.240	-71.663	75.961	-75.961	5494.638	5071.813	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	904.634	-45.745	94.710	-94.710	6262.297	5122.499	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	198.450	-58.529	104.593	-104.593	5613.554	5147.389	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	171.211	-82.697	117.297	-117.297	4744.375	4255.871	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	903.910	-62.411	134.347	-134.347	5556.692	4321.677	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	167.368	-68.372	149.073	-149.073	4846.206	4312.320	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	171.208	-82.756	117.334	-117.334	4744.084	4255.453	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	903.899	-62.563	134.380	-134.380	5556.545	4321.322	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	167.494	-68.292	149.017	-149.017	4846.400	4312.580	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	197.102	-70.668	77.150	-77.150	5484.947	5062.877	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	904.712	-48.213	91.896	-91.896	6281.829	5145.111	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	194.556	-57.075	106.254	-106.254	5597.494	5133.356	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	148.131	-51.645	27.798	-27.798	1882.091	1626.719	286
G2	449.565	1087.748	207.775	797.244	-29.148	32.273	-32.273	2574.606	1683.667	292
G3	337.833	815.016	433.369	128.564	-37.899	25.459	-25.459	1740.241	1522.860	298

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	498.684	-68.560	28.164	-28.164	2235.774	1612.200	281
G2	447.526	1082.519	206.747	799.805	-43.122	31.152	-31.152	2567.750	1662.518	287
G3	339.136	818.326	434.036	117.571	-68.533	26.191	-26.191	1735.259	1496.774	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	576.846	-97.152	75.961	-75.961	5872.244	5046.323	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	918.472	-61.915	94.710	-94.710	6276.135	5106.329	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	186.492	-78.985	104.593	-104.593	5601.596	5126.933	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	551.137	-113.382	117.297	-117.297	5124.300	4225.186	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	908.525	-85.205	134.347	-134.347	5561.308	4298.883	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	157.994	-81.926	149.073	-149.073	4836.832	4298.766	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	551.130	-113.442	117.334	-117.334	5124.007	4224.767	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	909.171	-85.358	134.380	-134.380	5561.817	4298.527	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	158.120	-81.512	149.017	-149.017	4837.026	4299.360	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	574.939	-95.077	77.150	-77.150	5862.784	5038.468	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	923.508	-66.479	91.896	-91.896	6300.625	5126.845	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	180.466	-75.121	106.254	-106.254	5583.405	5115.310	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	498.646	-69.552	27.798	-27.798	2232.606	1608.812	286
G2	449.565	1087.748	207.775	800.491	-39.676	32.273	-32.273	2577.853	1673.139	292
G3	337.833	815.016	433.369	119.671	-69.760	25.459	-25.459	1731.347	1490.999	298

d. 4차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	418.352	-76.061	28.164	-28.164	2155.442	1604.699	281
G2	447.526	1082.519	206.747	734.606	-46.495	31.152	-31.152	2502.551	1659.145	287
G3	339.136	818.326	434.036	396.297	-74.329	26.191	-26.191	2013.986	1490.978	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	485.188	-99.154	75.961	-75.961	5780.587	5044.321	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	846.917	-67.864	94.710	-94.710	6204.580	5100.380	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	479.323	-93.454	104.593	-104.593	5894.427	5112.464	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	465.093	-109.971	117.297	-117.297	5038.257	4228.598	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	831.707	-92.755	134.347	-134.347	5484.489	4291.333	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	455.583	-101.153	149.073	-149.073	5134.421	4279.539	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	465.098	-110.169	117.334	-117.334	5037.974	4228.040	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	831.881	-92.913	134.380	-134.380	5484.527	4290.972	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	455.677	-100.808	149.017	-149.017	5134.583	4280.064	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	483.273	-97.116	77.150	-77.150	5771.118	5036.428	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	852.121	-71.790	91.896	-91.896	6229.237	5121.535	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	474.228	-90.073	106.254	-106.254	5877.167	5100.359	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	418.401	-76.989	27.798	-27.798	2152.361	1601.375	286
G2	449.565	1087.748	207.775	735.488	-43.277	32.273	-32.273	2512.850	1669.538	292
G3	337.833	815.016	433.369	397.928	-75.598	25.459	-25.459	2009.605	1485.161	298

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	165.181	-26.705	28.164	-28.164	1902.270	1654.055	281
G2	447.526	1082.519	206.747	389.413	-24.323	31.152	-31.152	2157.358	1681.318	287
G3	339.136	818.326	434.036	19.497	-32.358	26.191	-26.191	1637.186	1532.950	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	364.592	-41.713	75.961	-75.961	5659.990	5101.763	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	774.773	-32.153	94.710	-94.710	6132.436	5136.091	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	84.744	-52.065	104.593	-104.593	5499.848	5153.853	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	343.131	-78.094	117.297	-117.297	4916.294	4260.475	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	761.664	-71.184	134.347	-134.347	5414.447	4312.904	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	74.137	-74.385	149.073	-149.073	4752.975	4306.307	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	343.311	-78.408	117.334	-117.334	4916.187	4259.801	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	761.486	-71.318	134.380	-134.380	5414.132	4312.567	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	74.013	-74.183	149.017	-149.017	4752.919	4306.689	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	362.689	-40.010	77.150	-77.150	5650.534	5093.535	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	778.485	-36.359	91.896	-91.896	6155.602	5156.965	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	81.288	-49.229	106.254	-106.254	5484.227	5141.202	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	166.331	-27.833	27.798	-27.798	1900.290	1650.532	286
G2	449.565	1087.748	207.775	386.074	-20.744	32.273	-32.273	2163.436	1692.071	292
G3	337.833	815.016	433.369	21.738	-34.334	25.459	-25.459	1633.414	1526.424	298

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	182.794	-59.639	28.164	-28.164	1919.883	1621.122	281
G2	447.526	1082.519	206.747	794.528	-45.532	31.152	-31.152	2562.473	1660.108	287
G3	339.136	818.326	434.036	155.916	-46.772	26.191	-26.191	1773.604	1518.535	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	415.522	-97.209	75.961	-75.961	5710.920	5046.267	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1584.284	-62.238	94.710	-94.710	6941.947	5106.006	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	415.056	-85.437	104.593	-104.593	5830.160	5120.481	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	384.525	-158.799	117.297	-117.297	4957.689	4179.769	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1559.462	-135.609	134.347	-134.347	6212.244	4248.479	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	382.057	-145.517	149.073	-149.073	5060.895	4235.175	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	384.700	-159.025	117.334	-117.334	4957.576	4179.184	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1559.546	-135.933	134.380	-134.380	6212.192	4247.952	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	381.861	-145.180	149.017	-149.017	5060.767	4235.692	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	412.127	-94.745	77.150	-77.150	5699.972	5038.800	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1591.143	-68.697	91.896	-91.896	6968.260	5124.628	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	409.343	-81.200	106.254	-106.254	5812.282	5109.231	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	184.320	-61.504	27.798	-27.798	1918.280	1616.861	286
G2	449.565	1087.748	207.775	790.197	-39.784	32.273	-32.273	2567.559	1673.031	292
G3	337.833	815.016	433.369	158.944	-50.578	25.459	-25.459	1770.621	1510.181	298

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	559.786	-84.056	28.164	-28.164	2296.875	1596.704	281
G2	447.526	1082.519	206.747	827.422	-63.450	31.152	-31.152	2595.367	1642.190	287
G3	339.136	818.326	434.036	143.306	-91.432	26.191	-26.191	1760.995	1473.875	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	1182.276	-133.795	75.961	-75.961	6477.674	5009.680	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1668.862	-83.003	94.710	-94.710	7026.525	5085.241	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	383.807	-135.241	104.593	-104.593	5798.911	5070.677	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	1126.957	-228.555	117.297	-117.297	5700.120	4110.014	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1638.563	-184.802	134.347	-134.347	6291.345	4199.286	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	353.496	-195.448	149.073	-149.073	5032.334	4185.244	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	1127.582	-229.232	117.334	-117.334	5700.458	4108.977	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1638.434	-184.664	134.380	-134.380	6291.080	4199.221	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	353.338	-195.033	149.017	-149.017	5032.244	4185.839	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	1176.695	-129.099	77.150	-77.150	6464.540	5004.446	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1682.600	-94.237	91.896	-91.896	7059.717	5099.088	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	375.393	-128.917	106.254	-106.254	5778.332	5061.514	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	562.539	-87.368	27.798	-27.798	2296.499	1590.996	286
G2	449.565	1087.748	207.775	819.573	-53.389	32.273	-32.273	2596.935	1659.426	292
G3	337.833	815.016	433.369	149.123	-97.437	25.459	-25.459	1760.800	1463.321	298

d. 4차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	470.233	-99.263	28.164	-28.164	2207.322	1581.498	281
G2	447.526	1082.519	206.747	773.748	-67.423	31.152	-31.152	2541.693	1638.217	287
G3	339.136	818.326	434.036	440.103	-99.291	26.191	-26.191	2057.792	1466.016	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	990.253	-153.764	75.961	-75.961	6285.651	4989.712	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1580.091	-91.217	94.710	-94.710	6937.754	5077.027	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	988.159	-151.094	104.593	-104.593	6403.263	5054.824	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	946.275	-241.652	117.297	-117.297	5519.439	4096.917	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1547.279	-199.454	134.347	-134.347	6200.061	4184.634	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	940.727	-235.118	149.073	-149.073	5619.565	4145.574	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	946.783	-242.243	117.334	-117.334	5519.659	4095.966	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1547.278	-199.613	134.380	-134.380	6199.924	4184.273	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	940.550	-234.735	149.017	-149.017	5619.456	4146.137	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	985.208	-149.602	77.150	-77.150	6273.053	4983.943	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1592.976	-101.370	91.896	-91.896	6970.093	5091.954	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	980.383	-145.191	106.254	-106.254	6383.322	5045.240	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	472.686	-102.258	27.798	-27.798	2206.645	1576.106	286
G2	449.565	1087.748	207.775	766.928	-58.289	32.273	-32.273	2544.290	1654.526	292
G3	337.833	815.016	433.369	445.360	-104.944	25.459	-25.459	2057.037	1455.814	298

C. G3 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	4.414	-28.316	28.164	-28.164	1741.503	1652.445	281
G2	447.526	1082.519	206.747	53.608	-16.093	31.152	-31.152	1821.553	1689.548	287
G3	339.136	818.326	434.036	529.062	-27.178	26.191	-26.191	2146.751	1538.130	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	7.895	-26.096	75.961	-75.961	5303.293	5117.380	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	86.569	-27.062	94.710	-94.710	5444.232	5141.182	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	579.243	-43.235	104.593	-104.593	5994.348	5162.682	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	9.057	-20.881	117.297	-117.297	4582.220	4317.687	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	72.253	-33.193	134.347	-134.347	4725.035	4350.895	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	577.852	-51.478	149.073	-149.073	5256.690	4329.214	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	9.074	-21.222	117.334	-117.334	4581.950	4316.987	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	71.706	-33.256	134.380	-134.380	4724.352	4350.629	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	577.867	-51.472	149.017	-149.017	5256.773	4329.400	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	7.420	-25.433	77.150	-77.150	5295.265	5108.111	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	88.202	-27.166	91.896	-91.896	5465.319	5166.158	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	579.175	-43.005	106.254	-106.254	5982.114	5147.426	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	4.485	-28.438	27.798	-27.798	1738.445	1649.927	286
G2	449.565	1087.748	207.775	54.056	-15.655	32.273	-32.273	1831.418	1697.160	292
G3	337.833	815.016	433.369	528.964	-27.517	25.459	-25.459	2140.641	1533.241	298

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	12.974	-73.791	28.164	-28.164	1750.064	1606.969	281
G2	447.526	1082.519	206.747	352.146	-28.890	31.152	-31.152	2120.091	1676.750	287
G3	339.136	818.326	434.036	681.252	-43.943	26.191	-26.191	2298.941	1521.364	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	29.199	-85.229	75.961	-75.961	5324.598	5058.246	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	427.176	-44.189	94.710	-94.710	5784.839	5124.055	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	761.192	-71.550	104.593	-104.593	6176.296	5134.368	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	23.602	-79.680	117.297	-117.297	4596.765	4258.888	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	411.674	-59.264	134.347	-134.347	5064.457	4324.823	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	747.826	-85.430	149.073	-149.073	5426.664	4295.262	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	23.663	-80.043	117.334	-117.334	4596.539	4258.166	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	411.044	-59.350	134.380	-134.380	5063.690	4324.535	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	747.990	-85.419	149.017	-149.017	5426.896	4295.453	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	28.007	-84.736	77.150	-77.150	5315.853	5048.809	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	429.560	-44.794	91.896	-91.896	5806.677	5148.530	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	760.121	-70.976	106.254	-106.254	6163.060	5119.455	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	13.186	-74.104	27.798	-27.798	1747.145	1604.260	286
G2	449.565	1087.748	207.775	353.160	-27.788	32.273	-32.273	2130.522	1685.027	292
G3	337.833	815.016	433.369	680.853	-44.713	25.459	-25.459	2292.530	1516.045	298

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	81.884	-67.530	28.164	-28.164	1818.974	1613.231	281
G2	447.526	1082.519	206.747	692.511	-40.046	31.152	-31.152	2460.456	1665.594	287
G3	339.136	818.326	434.036	640.624	-49.568	26.191	-26.191	2258.313	1515.739	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	125.907	-80.928	75.961	-75.961	5421.305	5062.547	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	813.083	-60.241	94.710	-94.710	6170.746	5108.003	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	747.900	-85.261	104.593	-104.593	6163.004	5120.657	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	104.327	-83.654	117.297	-117.297	4677.491	4254.915	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	798.513	-81.286	134.347	-134.347	5451.296	4302.802	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	721.534	-102.944	149.073	-149.073	5400.372	4277.748	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	104.353	-84.015	117.334	-117.334	4677.230	4254.195	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	797.923	-81.449	134.380	-134.380	5450.569	4302.436	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	721.675	-102.882	149.017	-149.017	5400.581	4277.990	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	123.743	-79.637	77.150	-77.150	5411.588	5053.908	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	815.075	-62.024	91.896	-91.896	6192.192	5131.301	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	745.009	-83.944	106.254	-106.254	6147.947	5106.487	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	81.894	-68.116	27.798	-27.798	1815.853	1610.248	286
G2	449.565	1087.748	207.775	693.477	-38.086	32.273	-32.273	2470.839	1674.729	292
G3	337.833	815.016	433.369	640.008	-50.999	25.459	-25.459	2251.685	1509.759	298

d. 4차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	303.164	-73.893	28.164	-28.164	2040.254	1606.868	281
G2	447.526	1082.519	206.747	715.005	-45.793	31.152	-31.152	2482.950	1659.847	287
G3	339.136	818.326	434.036	535.342	-70.289	26.191	-26.191	2153.031	1495.019	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	360.578	-93.041	75.961	-75.961	5655.977	5050.435	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	831.015	-67.596	94.710	-94.710	6188.678	5100.648	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	631.308	-96.056	104.593	-104.593	6046.412	5109.861	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	340.691	-100.491	117.297	-117.297	4913.855	4238.078	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	814.390	-91.880	134.347	-134.347	5467.172	4292.208	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	607.063	-107.187	149.073	-149.073	5285.901	4273.505	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	340.694	-100.816	117.334	-117.334	4913.570	4237.393	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	814.218	-92.069	134.380	-134.380	5466.864	4291.816	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	607.160	-106.947	149.017	-149.017	5286.066	4273.925	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	358.636	-91.088	77.150	-77.150	5646.481	5042.456	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	834.977	-70.824	91.896	-91.896	6212.094	5122.500	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	626.934	-93.348	106.254	-106.254	6029.872	5097.083	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	303.236	-74.697	27.798	-27.798	2037.195	1603.668	286
G2	449.565	1087.748	207.775	715.783	-42.987	32.273	-32.273	2493.145	1669.829	292
G3	337.833	815.016	433.369	536.443	-71.533	25.459	-25.459	2148.120	1489.226	298

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	7.262	-41.410	28.164	-28.164	1744.352	1639.351	281
G2	447.526	1082.519	206.747	65.723	-29.696	31.152	-31.152	1833.668	1675.944	287
G3	339.136	818.326	434.036	565.281	-36.300	26.191	-26.191	2182.970	1529.008	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	11.801	-54.655	75.961	-75.961	5307.200	5088.820	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	158.210	-44.923	94.710	-94.710	5515.873	5123.321	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	1171.885	-59.841	104.593	-104.593	6586.989	5146.076	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	13.860	-64.170	117.297	-117.297	4587.023	4274.398	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	146.792	-78.122	134.347	-134.347	4799.574	4305.966	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	1134.189	-112.784	149.073	-149.073	5813.027	4267.908	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	13.854	-64.301	117.334	-117.334	4586.730	4273.908	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	146.938	-78.580	134.380	-134.380	4799.584	4305.305	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	1134.181	-112.734	149.017	-149.017	5813.087	4268.138	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	11.358	-54.062	77.150	-77.150	5299.203	5079.483	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	160.081	-46.043	91.896	-91.896	5537.198	5147.281	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	1170.951	-58.935	106.254	-106.254	6573.890	5131.497	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	7.428	-41.632	27.798	-27.798	1741.387	1636.733	286
G2	449.565	1087.748	207.775	65.288	-28.904	32.273	-32.273	1842.650	1683.911	292
G3	337.833	815.016	433.369	565.954	-37.216	25.459	-25.459	2177.631	1523.543	298

b. 2차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	16.733	-88.782	28.164	-28.164	1753.823	1591.979	281
G2	447.526	1082.519	206.747	368.564	-40.435	31.152	-31.152	2136.509	1665.205	287
G3	339.136	818.326	434.036	740.743	-58.611	26.191	-26.191	2358.432	1506.697	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	44.086	-133.811	75.961	-75.961	5339.484	5009.665	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	769.322	-60.481	94.710	-94.710	6126.985	5107.763	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	1573.983	-99.682	104.593	-104.593	6989.087	5106.235	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	41.899	-161.923	117.297	-117.297	4615.062	4176.646	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	748.082	-125.609	134.347	-134.347	5400.864	4258.479	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	1514.778	-186.716	149.073	-149.073	6193.616	4193.976	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	41.866	-161.944	117.334	-117.334	4614.742	4176.265	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	748.492	-126.286	134.380	-134.380	5401.138	4257.600	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	1514.688	-186.577	149.017	-149.017	6193.594	4194.295	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	42.409	-132.901	77.150	-77.150	5330.255	5000.644	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	773.750	-63.209	91.896	-91.896	6150.867	5130.116	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	1571.228	-97.690	106.254	-106.254	6974.167	5092.741	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	17.287	-89.615	27.798	-27.798	1751.246	1588.749	286
G2	449.565	1087.748	207.775	367.572	-37.877	32.273	-32.273	2144.934	1674.938	292
G3	337.833	815.016	433.369	741.989	-60.730	25.459	-25.459	2353.666	1500.029	298

c. 3차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	105.970	-90.239	28.164	-28.164	1843.060	1590.522	281
G2	447.526	1082.519	206.747	705.352	-57.161	31.152	-31.152	2473.297	1648.479	287
G3	339.136	818.326	434.036	699.319	-65.557	26.191	-26.191	2317.008	1499.751	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	244.990	-135.503	75.961	-75.961	5540.389	5007.972	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1431.830	-82.324	94.710	-94.710	6789.493	5085.920	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	1529.278	-119.725	104.593	-104.593	6944.382	5086.193	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	225.950	-190.656	117.297	-117.297	4799.113	4147.913	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1401.082	-174.411	134.347	-134.347	6053.864	4209.677	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	1463.607	-223.294	149.073	-149.073	6142.445	4157.398	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	226.016	-190.841	117.334	-117.334	4798.892	4147.368	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1401.412	-175.175	134.380	-134.380	6054.058	4208.711	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	1463.428	-222.999	149.017	-149.017	6142.334	4157.873	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	241.874	-133.314	77.150	-77.150	5529.719	5000.231	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1438.738	-87.933	91.896	-91.896	6815.855	5105.391	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	1524.349	-116.055	106.254	-106.254	6927.288	5074.376	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	107.151	-91.812	27.798	-27.798	1841.111	1586.552	286
G2	449.565	1087.748	207.775	702.161	-52.116	32.273	-32.273	2479.523	1660.699	292
G3	337.833	815.016	433.369	701.833	-69.358	25.459	-25.459	2313.510	1491.401	298

d. 4차선 재하

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.695	981.328	353.902	347.994	-99.088	28.164	-28.164	2085.083	1581.672	281
G2	447.526	1082.519	206.747	746.950	-66.039	31.152	-31.152	2514.895	1639.601	287
G3	339.136	818.326	434.036	584.984	-93.005	26.191	-26.191	2202.673	1472.303	293

< 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	1300.615	2897.762	1021.060	742.942	-149.420	75.961	-75.961	6038.340	4994.056	282
G2	1468.184	3158.425	636.344	1523.569	-91.348	94.710	-94.710	6881.232	5076.896	288
G3	1302.307	2705.786	1302.418	1285.977	-147.289	104.593	-104.593	6701.081	5058.629	294

< 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	1119.006	2447.882	888.978	707.228	-226.658	117.297	-117.297	5280.392	4111.911	283
G2	1290.363	2725.602	502.470	1490.224	-197.436	134.347	-134.347	6143.006	4186.652	289
G3	1117.805	2263.164	1148.796	1229.734	-242.115	149.073	-149.073	5908.572	4138.577	295

< 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	1118.901	2447.646	888.996	707.605	-227.197	117.334	-117.334	5280.481	4111.012	284
G2	1290.302	2725.571	502.393	1490.286	-197.894	134.380	-134.380	6142.932	4185.991	290
G3	1117.847	2263.234	1148.808	1229.562	-241.736	149.017	-149.017	5908.468	4139.136	296

< 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	1298.481	2892.312	1019.902	738.608	-145.778	77.150	-77.150	6026.453	4987.766	285
G2	1473.641	3172.381	639.199	1534.285	-100.146	91.896	-91.896	6911.402	5093.178	291
G3	1298.914	2697.091	1300.680	1279.058	-141.796	106.254	-106.254	6681.997	5048.635	297

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	373.025	979.563	353.574	350.136	-101.587	27.798	-27.798	2084.095	1576.777	286
G2	449.565	1087.748	207.775	741.050	-58.196	32.273	-32.273	2518.412	1654.619	292
G3	337.833	815.016	433.369	589.580	-98.102	25.459	-25.459	2201.257	1462.657	298

D. 최대 반력 집계

< P1 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용 Shoe
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	373.695	981.328	353.902	794.987	-101.707	28.164	-28.164	2532.077	1579.054	281	3000
G2	447.526	1082.519	206.747	827.422	-69.469	31.152	-31.152	2595.367	1636.171	287	3000
G3	339.136	818.326	434.036	740.743	-109.522	26.191	-26.191	2358.432	1455.785	293	3000

< P2 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용 Shoe
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1300.615	2897.762	1021.060	1638.467	-160.416	75.961	-75.961	6933.865	4983.060	282	7000
G2	1468.184	3158.425	636.344	1668.862	-92.588	94.710	-94.710	7026.525	5075.656	288	7000
G3	1302.307	2705.786	1302.418	1573.983	-160.074	104.593	-104.593	6989.087	5045.843	294	7000

< P3 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용 Shoe
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1119.006	2447.882	888.978	1578.329	-259.113	117.297	-117.297	6151.492	4079.456	283	6500
G2	1290.363	2725.602	502.470	1638.563	-203.710	134.347	-134.347	6291.345	4180.378	289	6500
G3	1117.805	2263.164	1148.796	1514.778	-242.115	149.073	-149.073	6193.616	4138.577	295	6500

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용 Shoe
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1118.901	2447.646	888.996	1579.277	-259.807	117.334	-117.334	6152.153	4078.402	284	6500
G2	1290.302	2725.571	502.393	1638.434	-203.467	134.380	-134.380	6291.080	4180.418	290	6500
G3	1117.847	2263.234	1148.808	1514.688	-241.736	149.017	-149.017	6193.594	4139.136	296	6500

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용 Shoe
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	1298.481	2892.312	1019.902	1632.760	-155.342	77.150	-77.150	6920.605	4978.203	285	7000
G2	1473.641	3172.381	639.199	1682.600	-104.397	91.896	-91.896	7059.717	5088.928	291	7000
G3	1298.914	2697.091	1300.680	1571.228	-153.672	106.254	-106.254	6974.167	5036.760	297	7000

< P6 >

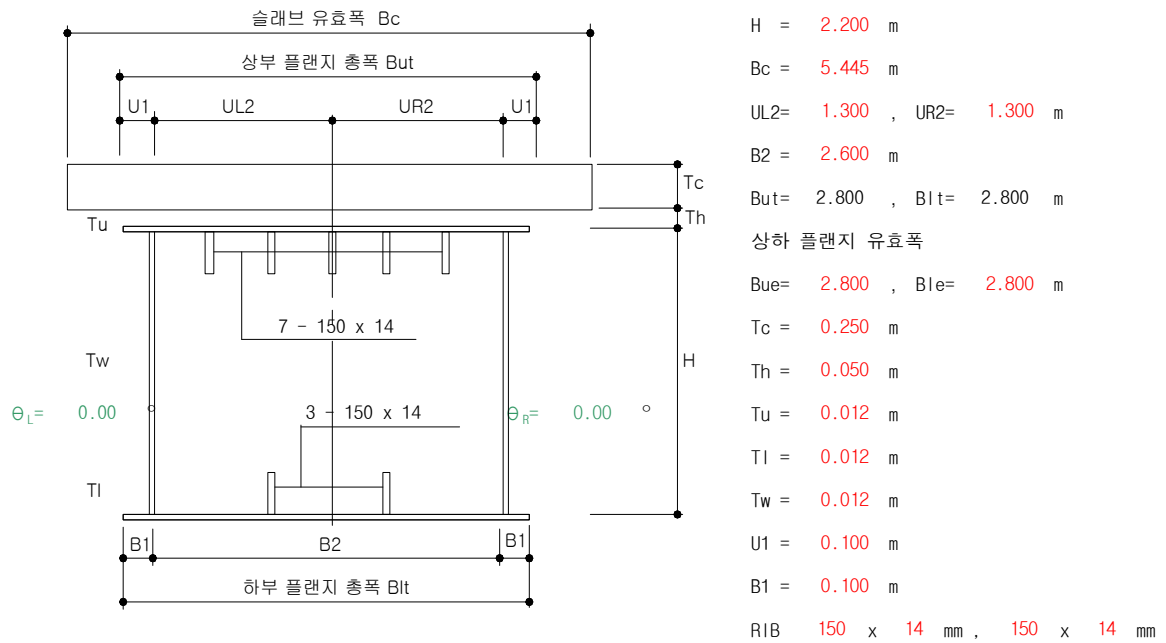
위치	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점 번 호	사 용 Shoe
	Steel	Concrete		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
G1	373.025	979.563	353.574	797.960	-105.285	27.798	-27.798	2531.920	1573.079	286	3000
G2	449.565	1087.748	207.775	819.573	-58.750	32.273	-32.273	2596.935	1654.065	292	3000
G3	337.833	815.016	433.369	741.989	-115.772	25.459	-25.459	2353.666	1444.987	298	3000

4.5 단 면 검 토

< 단 면 - 1 > : 절점 1 로 부터 이격 거리 2.294 m

1) 단면가정 및 설계조건

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	2877.727
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	704.125
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	1467.315
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1197.836
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-292.292
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-660.768
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-170.500
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-80.897
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-751.476

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

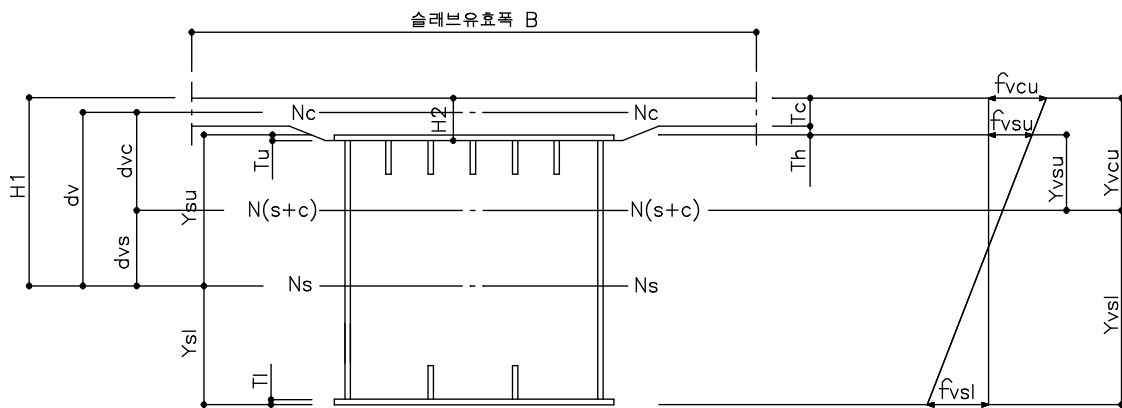
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 104264584200 + 21336181400.0 = 125600765600 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{8610000}{141000} = 61.064 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 125600765600 - 141000 \times 61.064^2 = 125075006026 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2200.0 / 2 + 12.0 - 61.064 = 1050.936 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1050.936 - 2224.000 = -1173.064 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5777744.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 24.180 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -26.990 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 23.916 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 311140.6 \text{ mm}^2$$

lc/n = 886149089 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1213.9 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 550.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 663.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 675.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 425.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 387.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1836.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 239583074194 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5818556.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.248 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.156 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.138 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -5.399 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.115 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.517 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.325 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 2.371 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -11.250 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 17.896 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 226070.3 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 757.1 \text{ mm} \quad K = 0.942 \\
ds1 &= dv - dc1 = 456.8 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 882.1 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 632.1 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 594.1 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1629.9 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 203707017731 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 275081 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 275081 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 208272194 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.248 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.156 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.119 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.042 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.789 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -0.353 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 197713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 865.7 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 348.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 990.7 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 740.7 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 702.7 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1521.3 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 184972435224.3 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 2783866319 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.100 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.247 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 26.227 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -5.303 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2358667969 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.699 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.989 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 17.370 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = -3.255 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 47.927 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	24.180	-26.990	177.975	190.000
1+2+3	0.765	0.482	10.800	10.800	27.689	-43.638	177.975	190.000
1+2+3+4	0.646	0.440	10.800	10.800	29.478	-43.991	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.454	-0.808	1.890	1.890	55.704	-49.295	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.153	-1.797	2.174	2.174	73.075	-52.549	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	0.245	0.181	12.420	12.420	38.334	-46.040	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{73.075}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{47.927}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.100 + 0.190 = 0.290 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-49.295}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.927}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.067 + 0.190 = 0.257 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/24.18)} = 2.803 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 2.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/73.075)} = 1.612 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.248 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 0.765 - 0.248 = 0.517 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.248 + 2.15 \times 0.517 + (-0.119) + (-1.1) + (0.699) \\ = 0.914 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.248 + 2.15 \times 0.517 + (0.699) \\ = 2.133 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 24.180 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.138 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 27.689 - 24.18 - 1.138 = 2.371 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (24.18 + 1.138) + 2.15 \times 2.371 + (1.789) + (26.227) + (17.37) \\ = 83.397 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (24.18 + 1.138) + 2.15 \times 2.371 + (17.37) \\ = 55.381 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -26.990 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -5.399 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -43.638 - -26.99 - -5.399 = -11.250 \text{ MPa}$$

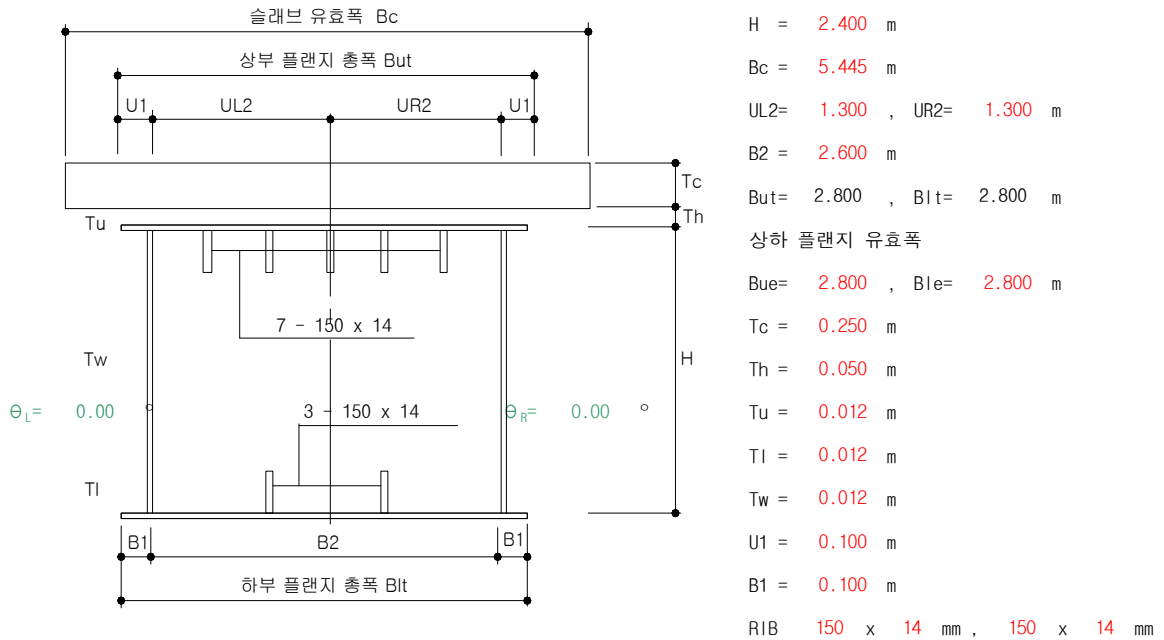
$$\Sigma f = 1.3 \times (-26.99 + -5.399) + 2.15 \times -11.25 + (-0.353) + (-5.303) + (-3.255) \\ = -75.203 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-26.99 + -5.399) + 2.15 \times -11.25 + (-3.255) \\ = -69.547 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 2 > : 절점 3 로 부터 이격 거리 3.117 m

1) 단면가정 및 설계조건

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 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	10546.575
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2492.554
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	4639.915
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-608.505
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-140.417
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-442.014
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-136.447
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-59.511
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-791.986

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

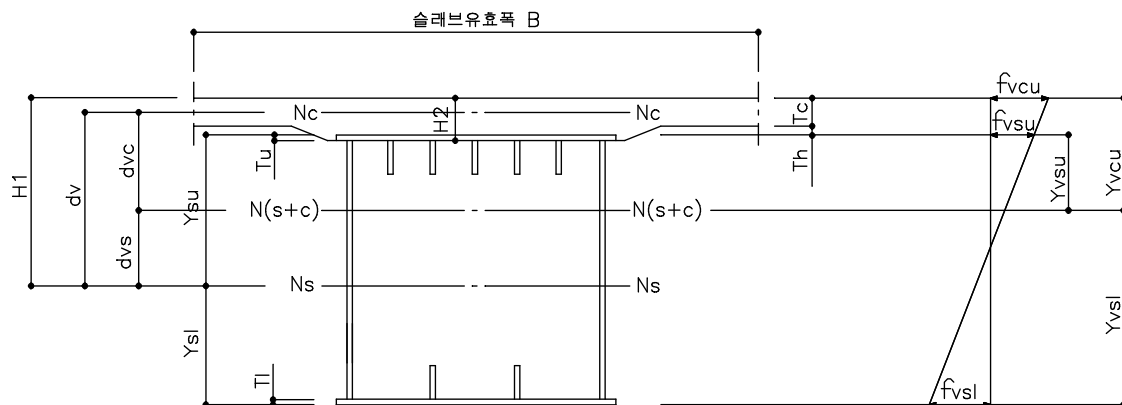
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 124316224200 + 27688181400.0 = 152004405600 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 9450000 / 145800 = 64.815 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 152004405600 - 145800 \times 64.815^2 = 151391905600 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - 64.815 = 1147.185 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1147.185 - 2424.000 = -1276.815 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6300144.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 79.918 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -88.948 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 11.467 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 315940.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1310.2 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 604.6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 705.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 729.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 479.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 441.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1982.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 287058052074 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6340956.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.792 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.521 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.835 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -17.213 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.829 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.474 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.969 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.138 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -32.043 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.878 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 230870.3 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 827.4 \text{ mm} \quad K = 0.725 \\
ds1 &= dv - dc1 = 482.8 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 952.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 702.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 664.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1759.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 244056617804 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 893239 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 893239 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 739077054 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.792 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.521 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.419 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.182 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.328 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.006 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 202513.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 943.3 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 366.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1068.3 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 818.3 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 780.3 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1643.7 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 221777213252.0 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3033234363 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.260 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.363 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 23.616 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = -0.420 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2592347992 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.911 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.115 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.462 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 0.592 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 27.174 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	79.918	-88.948	177.975	190.000
1+2+3	2.266	1.490	10.800	10.800	90.890	-138.204	177.975	190.000
1+2+3+4	1.847	1.307	10.800	10.800	96.218	-138.198	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.587	-0.056	10.800	1.890	119.834	-138.618	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.323	-1.171	2.174	2.174	136.296	-138.027	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.498	1.060	12.420	12.420	103.372	-139.210	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{136.296}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{27.174}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.347 + 0.061 = 0.408 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-138.618}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{27.174}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.532 + 0.061 = 0.593 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/79.918)} = 1.542 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.181) = 3.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/136.296)} = 1.181 < 1.2 \Rightarrow 1.181$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.792 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.266 - 0.792 = 1.474 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.792 + 2.15 \times 1.474 + (-0.419) + (-1.26) + (0.911) \\ = 3.431 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.792 + 2.15 \times 1.474 + (0.911) \\ = 5.110 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 79.918 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.835 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 90.89 - 79.918 - 3.835 = 7.138 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (79.918 + 3.835) + 2.15 \times 7.138 + (5.328) + (23.616) + (16.462) \\ = 169.630 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (79.918 + 3.835) + 2.15 \times 7.138 + (16.462) \\ = 140.687 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -88.948 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -17.213 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -138.204 - -88.948 - -17.213 = -32.043 \text{ MPa}$$

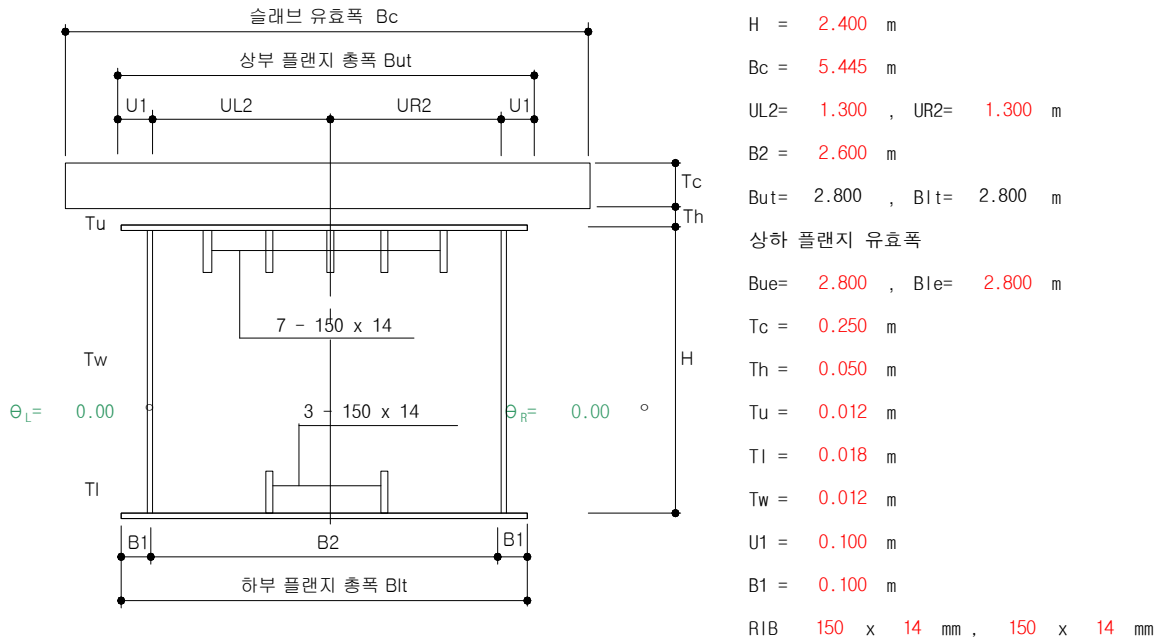
$$\Sigma f = 1.3 \times (-88.948 + -17.213) + 2.15 \times -32.043 + (0.006) + (-0.42) + (-0.592) \\ = -207.907 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-88.948 + -17.213) + 2.15 \times -32.043 + (-0.592) \\ = -207.493 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 3 > : 절점 51 로 부터 이격 거리 2.494 m

1) 단면가정 및 설계조건

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	13145.618
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3111.072
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	6124.049
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-47.841
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-8.203
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-350.678
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	24.644
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	15.782
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	471.925

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

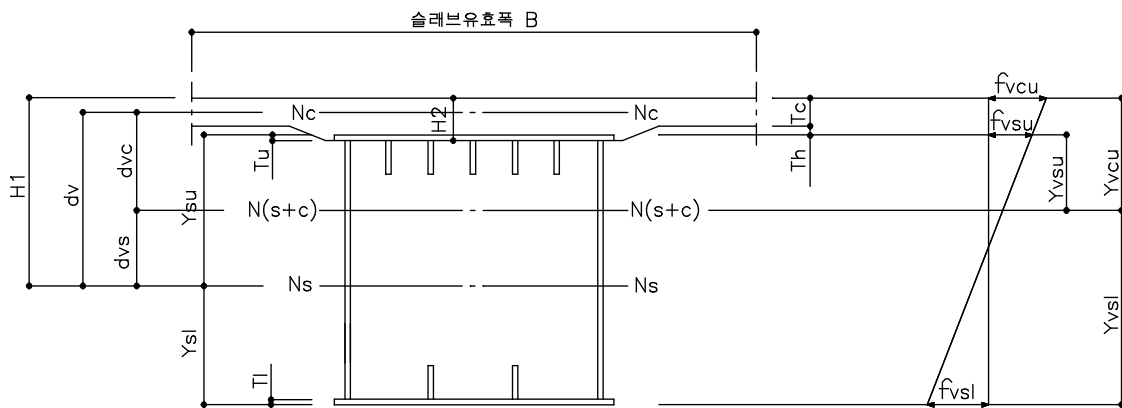
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$* A_s = 162600 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 149115897000 + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-10962000}{162600} = -67.417 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 176805036000 - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 95.525 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -85.906 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.993 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2$$

lc/n = 886149089 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.922 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.644 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.817 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -16.786 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.246 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.815 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.268 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.483 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -33.043 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.185 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} \quad K = 0.488 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1066192 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1066192 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 1009654955 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.922 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.644 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.540 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.289 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.625 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.534 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.435 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.501 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 20.428 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 4.972 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.156 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.288 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 15.169 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 4.928 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 10.425 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	95.525	-85.906	177.975	190.000
1+2+3	2.738	1.913	10.800	10.800	109.825	-135.736	177.975	190.000
1+2+3+4	2.197	1.624	10.800	10.800	115.450	-134.201	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.762	0.123	10.800	10.800	135.878	-129.230	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.394	-1.165	2.174	2.174	151.047	-124.302	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.918	1.411	12.420	12.420	120.708	-134.158	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{135.878}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{10.425}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.441 + 0.009 = 0.450 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-135.736}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{10.425}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.510 + 0.009 = 0.519 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/95.525)} = 1.410 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.122) = 4.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/151.047)} = 1.122 < 1.2 \Rightarrow 1.122$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.922 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.738 - 0.922 = 1.815 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.922 + 2.15 \times 1.815 + (-0.54) + (-1.435) + (1.156) \\ = 4.283 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.922 + 2.15 \times 1.815 + (1.156) \\ = 6.258 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 95.525 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.817 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 109.825 - 95.525 - 4.817 = 9.483 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (95.525 + 4.817) + 2.15 \times 9.483 + (5.625) + (20.428) + (15.169) \\ = 192.055 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (95.525 + 4.817) + 2.15 \times 9.483 + (15.169) \\ = 166.003 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -85.906 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -16.786 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -135.736 - -85.906 - -16.786 = -33.043 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-85.906 + -16.786) + 2.15 \times -33.043 + (1.534) + (4.972) + (-4.928) \\ = -202.965 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-85.906 + -16.786) + 2.15 \times -33.043 + (-4.928) \\ = -209.471 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m

Tl = 0.016 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

Technical drawing of a crane girder cross-section. The drawing includes the following labels and dimensions:

- Top Flange:** Labeled "상부 플랜지 총폭 But" (Total width of upper flange But).
- Top Flange Widths:** Dimensions U1, UL2, UR2, and U1 are shown for the top flange segments.
- Web:** Labeled "7 - 150 x 14" (7 webs, 150 mm height, 14 mm thickness).
- Bottom Flange:** Labeled "하부 플랜지 총폭 Blt" (Total width of lower flange Blt).
- Bottom Flange Widths:** Dimensions B1 and B2 are shown for the bottom flange segments.
- Dimensions:**
 - T_u : Thickness of the top flange.
 - T_w : Thickness of the web.
 - T_l : Thickness of the bottom flange.
 - H : Total height of the girder.
 - T_c : Thickness of the top cover plate.
 - T_h : Thickness of the horizontal stiffener.
- Angles:**
 - $\Theta_L = 0.00$ (Left end rotation)
 - $\Theta_R = 0.00^\circ$ (Right end rotation)

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 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	7545.942
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1772.199
M_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	5026.562
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-0.075
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-0.012
S_v : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-399.335
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.306
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.045
M_{vt} : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-392.302

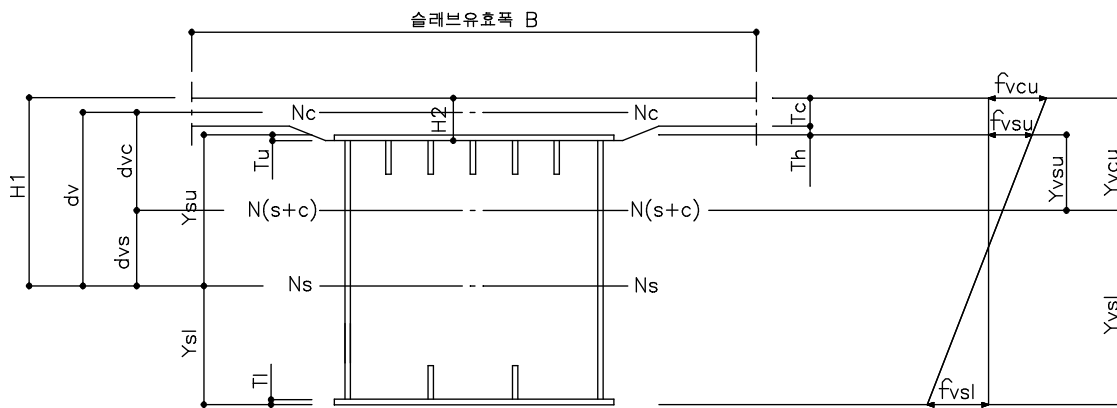
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

$$\star A_s = 157000 \text{ mm}^2, \quad A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 일 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2^2 + \sum I_s = 140822201800 + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = \frac{-4146800}{157000} = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 168510935733 - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 55.492 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -53.305 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.003 \quad \text{MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 886149089 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.536 \text{ MPa} \\
fvcI &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.368 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.739 \text{ MPa} \\
fvsI &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -10.314 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.001 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.520 \text{ MPa} \\
fvcI &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.044 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.770 \text{ MPa} \\
fvsI &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -29.253 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.509 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} \quad K = 0.063 \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 615173 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 615173 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 559141280 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.536 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.368 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.369 \text{ MPa} \\
fvcI1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.203 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.636 \text{ MPa} \\
fvsI1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.328 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.696 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.704 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.768 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 13.747 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.511 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.528 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.387 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.049 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 9.512 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

사용 $t_u = 12.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	55.492	-53.305	177.975	190.000
1+2+3	2.056	1.412	10.800	10.800	66.002	-92.871	177.975	190.000
1+2+3+4	1.687	1.209	10.800	10.800	68.638	-90.543	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.008	-0.495	1.890	1.890	84.406	-76.796	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.519	-2.024	2.174	2.174	97.793	-64.748	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.503	1.033	12.420	12.420	71.019	-88.845	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{97.793}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{9.512}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.179 + 0.007 = 0.186 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-92.871}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.512}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.239 + 0.007 = 0.246 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/55.492)} = 1.850 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/97.793)} = 1.394 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.536 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.056 - 0.536 = 1.520 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.536 + 2.15 \times 1.52 + (-0.369) + (-1.696) + (1.511) \\ = 3.412 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.536 + 2.15 \times 1.52 + (1.511) \\ = 5.476 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 55.492 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.739 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 66.002 - 55.492 - 2.739 = 7.770 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (55.492 + 2.739) + 2.15 \times 7.77 + (2.636) + (15.768) + (13.387) \\ = 124.198 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (55.492 + 2.739) + 2.15 \times 7.77 + (13.387) \\ = 105.794 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -53.305 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -10.314 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -92.871 - -53.305 - -10.314 = -29.252 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-53.305 + -10.314) + 2.15 \times -29.252 + (2.328) + (13.747) + (-12.049) \\ = -141.571 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-53.305 + -10.314) + 2.15 \times -29.252 + (-12.049) \\ = -157.645 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 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

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

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	-7116.221
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1432.896
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-4054.542
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1290.375
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	281.879
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	705.310
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-5.372
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	100.448
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	745.764
tou, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

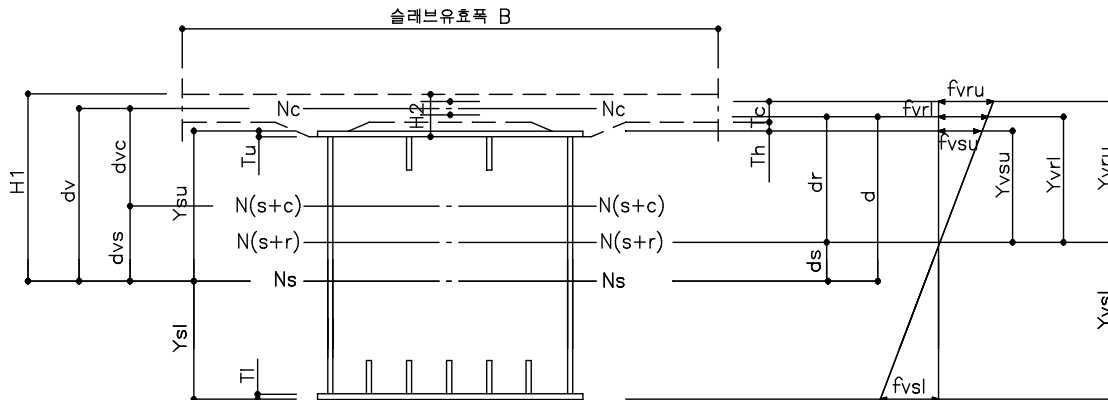
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*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) 유효 폭 검토



(1) 합성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 184546819800 + 27705846600 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 187800 = 0.000 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 212252666400 - 187800 \times 0.000^2 = 212252666400 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 18.0 - 0.000 = 1218.000 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1218.000 - 2436.000 = -1218.000 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6315816.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -40.836 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 40.836 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 22.438 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 229951 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm} \\
 d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1114.788 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 250.212 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1189.788 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1039.788 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 967.788 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1468.212 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 276393730884 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n) / 2 + Tl / 2) = 6356628.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -6.168 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -5.391 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -5.017 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 7.612 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.552 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -17.454 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -15.253 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -14.197 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 21.538 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 17.133 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 357940.625 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 721.419 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 653.581 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 272870.313 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 946.329 \text{ mm} \quad K = -0.231 \\
ds1 &= dv - dc1 = 428.671 \text{ mm} \\
lcv &= Is + lc/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 381909890229.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot lcv) = -460521 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -460521 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -435803868 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -1.569 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -1.624 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -1.650 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.537 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
 A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 244513.542 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1056.076 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 318.924 \text{ mm} \\
 P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3395980578 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 10.607 \text{ MPa} \\
 f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 11.033 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 11.237 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.151 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3093113515 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.630 \text{ MPa} \\
 f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.243 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.144 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 22.441 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\sigma = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 45.052 \text{ MPa} < \sigma_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

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 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-40.836	40.836	190.000	190.000
1+2+3	-23.622	-20.644	160.000	-60.050	69.985	190.000	190.000
1+2+3+4	-25.191	-22.268	160.000	-61.700	67.448	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-14.584	-11.235	160.000	-50.463	85.599	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-24.214	-20.477	184.000	-34.320	108.040	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-4.954	-1.992	184.000	-66.607	63.158	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-61.700}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.052}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.105 + 0.168 = 0.273 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{108.040}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{45.052}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.244 + 0.168 = 0.412 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

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

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

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

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/40.836)} = 2.157 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/108.04)} = 1.326 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -6.168 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -23.622 - 6.168 = -17.454 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.168 + 2.15 \times -17.454 + (-1.569) + (10.607) + (-9.63) \\ = -46.136 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.168 + 2.15 \times -17.454 + (-9.63) \\ = -55.174 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -40.836 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -5.017 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -60.05 - 40.836 - 5.017 = -14.197 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.836 + -5.017) + 2.15 \times -14.197 + (-1.65) + (11.237) + (-16.144) \\ = -96.689 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.836 + -5.017) + 2.15 \times -14.197 + (-16.144) \\ = -106.276 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.836 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 7.612 \text{ MPa}$$

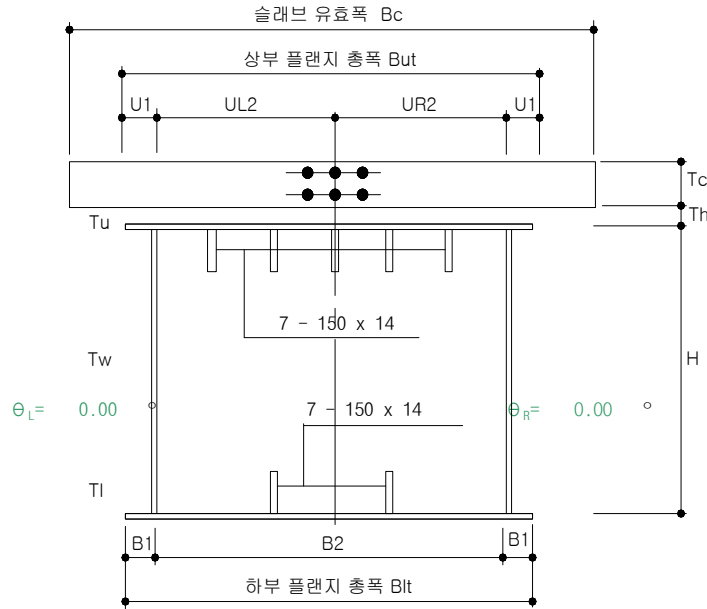
$$\text{합성후 활하중 응력} = 69.985 - 40.836 - 7.612 = 21.538 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.836 + 7.612) + 2.15 \times 21.538 + (-2.537) + (18.151) + (22.441) \\ = 147.343 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.836 + 7.612) + 2.15 \times 21.538 + (22.441) \\ = 131.729 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 5 > : 절점 43 로 부터 이격 거리 0.623 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m
Bc = 4.792 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선형팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-8798.243
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1805.465
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-4523.949
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1408.124
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	315.020
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	757.855
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-91.076
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	57.519
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-713.304
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

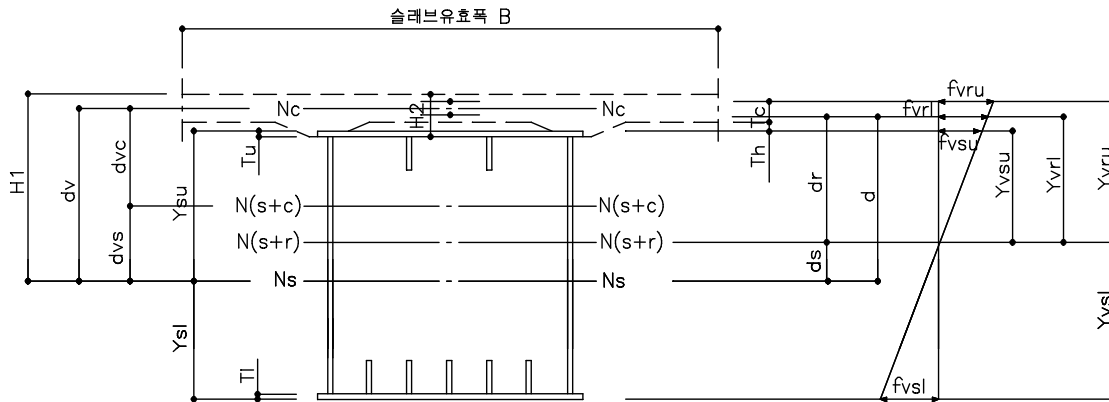
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	18.0	44617	-1209.00	-53941396	65215147313	1204647
강단면 합계			191105		18158931	189810118627	27707185105
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26711640	38464761600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929178	30868638975	-
RE-BAR 합계			37100		50640818	69333400575	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

* $A_s = 191105 \text{ mm}^2$, $A_c = 1197995 \text{ mm}^2$, $A_r = 37100 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 189810118627 + 27707185105 = 217517303732 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 18158931 / 191105 = 95.021 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 217517303732 - 191105 \times 95.021^2 = 215791831642 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 95.021 = 1128.979 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1128.979 - 2442.000 = -1313.021 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6323652.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -46.031 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 53.534 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 25.047 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 228205 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1269.979 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1063.517 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 206.462 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1138.517 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 988.517 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 922.517 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1519.483 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 265900096913 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n) / 2 + Tl / 2) = 6364464.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -7.731 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -6.712 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -6.264 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 10.317 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.846 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -19.370 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -16.818 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -15.695 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 25.852 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 17.827 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 340854.583 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1279.979 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 717.640 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 562.340 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 265979.920 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 919.659 \text{ mm} \quad K = -0.240 \\
ds1 &= dv - dc1 = 360.321 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 354126132516.3 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -547901 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -547901 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -503882448 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -1.883 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -1.951 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -1.981 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.092 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 241021.699 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1014.891 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 265.088 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 2872408201 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 9.451 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 9.839 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.011 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.342 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2708144923 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.447 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.080 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 14.281 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 20.251 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\sigma = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 47.966 \text{ MPa} < \sigma_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

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 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-46.031	53.534	190.000	190.000
1+2+3	-27.101	-23.530	160.000	-67.990	89.704	190.000	190.000
1+2+3+4	-28.984	-25.482	160.000	-69.971	86.612	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-19.534	-15.642	160.000	-59.961	102.953	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-30.980	-26.722	184.000	-45.679	123.204	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-8.087	-4.562	184.000	-74.242	82.703	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)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-69.971}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.966}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.136 + 0.190 = 0.326 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{123.204}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{47.966}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.318 + 0.190 = 0.508 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

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

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

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

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/53.534)} = 1.884 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/123.204)} = 1.242 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.731 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -27.101 - 7.731 = -19.370 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.731 + 2.15 \times -19.37 + (-1.883) + (9.451) + (-11.447)$$

$$= -55.575 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.731 + 2.15 \times -19.37 + (-11.447)$$

$$= -63.143 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -46.031 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.264 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -67.99 - 46.031 - 6.264 = -15.695 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.031 + -6.264) + 2.15 \times -15.695 + (-1.981) + (10.011) + (-14.281)$$

$$= -107.980 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-46.031 + -6.264) + 2.15 \times -15.695 + (-14.281)$$

$$= -116.009 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 53.534 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 10.317 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 89.704 - 53.534 - 10.317 = 25.852 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (53.534 + 10.317) + 2.15 \times 25.852 + (-3.092) + (16.342) + (20.251)$$

$$= 172.090 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (53.534 + 10.317) + 2.15 \times 25.852 + (20.251)$$

$$= 158.840 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m

Bc = 4.792 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

TI = 0.024 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

Figure 10-10 shows a structural cross-section of a reinforced concrete slab and column joint. The diagram illustrates the following components and dimensions:

- Slab Widths:**
 - B_c : Slab 유효폭 (Effective Slab Width)
 - B_t : 하부 플랜지 총폭 (Total Width of Bottom Flange)
 - B_1 : 하부 플랜지 폭 (Width of Bottom Flange)
 - B_2 : 하부 플랜지 폭 (Width of Bottom Flange)
- Reinforcement:**
 - Top reinforcement: 3 - 150 x 14
 - Bottom reinforcement: 7 - 150 x 14
- Dimensions and Labels:**
 - T_u : Top flange thickness
 - T_w : Web thickness
 - T_h : Head thickness
 - H : Total height
 - $\theta_L = 0.00$ and $\theta_R = 0.00$: Rotation angles at the ends of the slab.

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 선팅팽계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-16583.216
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3556.275
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-7179.304
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1753.090
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-416.863
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-912.426
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	138.439
Mscst : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-13.354
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	845.714
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

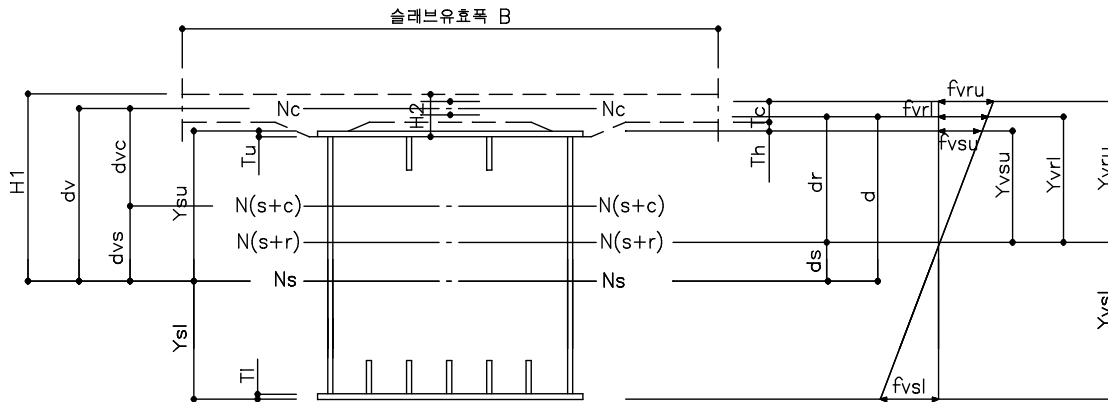
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 사하중 : 간단및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2478.7	30.0	74361	1215.00	90348491	109773417093	5577067
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			212450		8798164	223737138407	27695807526
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26711640	38464761600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929178	30868638975	-
RE-BAR 합계			37100		50640818	69333400575	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

* As = 212450 mm² , Ac = 1197995 mm² , Ar = 37100 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 223737138407 + 27695807526 = 251432945933 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = 8798164 / 212450 = 41.413 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 251432945933 - 212450 \times 41.413^2 = 251068588027 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 30.0 - 41.413 = 1188.587 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1188.587 - 2454.000 = -1265.413 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6339324.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -78.507 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 83.581 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 31.346 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 249549 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1323.587 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1126.814 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 196.773 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1201.814 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1051.814 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 991.814 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1462.186 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 306400158008 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n) / 2 + Tl / 2) = 6380136.5 \text{ mm}^2 \\
fvru &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.949 \text{ MPa} \\
fvrl &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -12.208 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.512 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 16.971 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.324 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvru &= Mv \cdot Yvru / Irv = -28.160 \text{ MPa} \\
fvrl &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -24.645 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -23.239 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 34.261 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 21.364 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 362198.942 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1333.587 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 782.222 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 551.365 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 287324.280 \text{ mm}^2 \quad \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 986.064 \text{ mm} \quad K = -0.274 \\
ds1 &= dv - dc1 = 347.523 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 408061251065.0 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1020857 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1020857 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1006630295 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.009 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.144 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.198 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.407 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 262366.059 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1079.866 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 253.722 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3056302595 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.057 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.467 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.631 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.338 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2951858671 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.250 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.854 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.504 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.982 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\sigma = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F_{Tw}) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v Tw)) = 59.859 \text{ MPa} < \sigma_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-78.507	83.581	190.000	190.000
1+2+3	-42.109	-36.853	160.000	-113.258	134.813	190.000	190.000
1+2+3+4	-45.118	-39.997	160.000	-116.456	129.406	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-37.061	-31.530	160.000	-107.825	144.744	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-50.311	-44.385	184.000	-95.321	163.725	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-23.811	-18.676	184.000	-120.329	125.762	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-116.456}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.859}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.376 + 0.296 = 0.672 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{144.744}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.859}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.580 + 0.296 = 0.876 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/83.581)} = 1.508 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.077) = 10.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/163.725)} = 1.077 < 1.2 \Rightarrow 1.077$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -13.949 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -42.109 - -13.949 = -28.160 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.949 + 2.15 \times -28.16 + (-3.009) + (8.057) + (-13.25)$$
$$= -86.880 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.949 + 2.15 \times -28.16 + (-13.25)$$
$$= -91.928 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -78.507 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.512 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -113.258 - -78.507 - -11.512 = -23.239 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-78.507 + -11.512) + 2.15 \times -23.239 + (-3.198) + (8.631) + (-12.504)$$
$$= -174.060 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-78.507 + -11.512) + 2.15 \times -23.239 + (-12.504)$$
$$= -179.492 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 83.581 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 16.971 \text{ MPa}$$

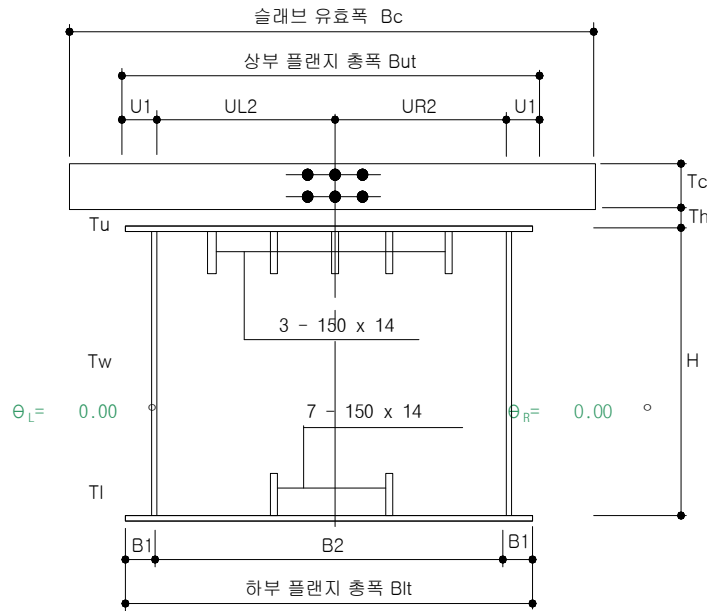
$$\text{합성후 활하중 응력} = 134.813 - 83.581 - 16.971 = 34.261 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.581 + 16.971) + 2.15 \times 34.261 + (-5.407) + (15.338) + (18.982)$$
$$= 233.291 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.581 + 16.971) + 2.15 \times 34.261 + (18.982)$$
$$= 223.360 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< 단 면 - 7 > : 절점 12 로 부터 이격 거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.400 m

Bc = 4.792 m

UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m

B2 = 2.600 m

But= 2.800 , Blt= 2.800 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

TI = 0.032 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 : 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	-21988.194
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4830.936
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-9383.160
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	2242.844
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	525.989
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	973.400
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	46.951
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	54.922
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	861.277
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

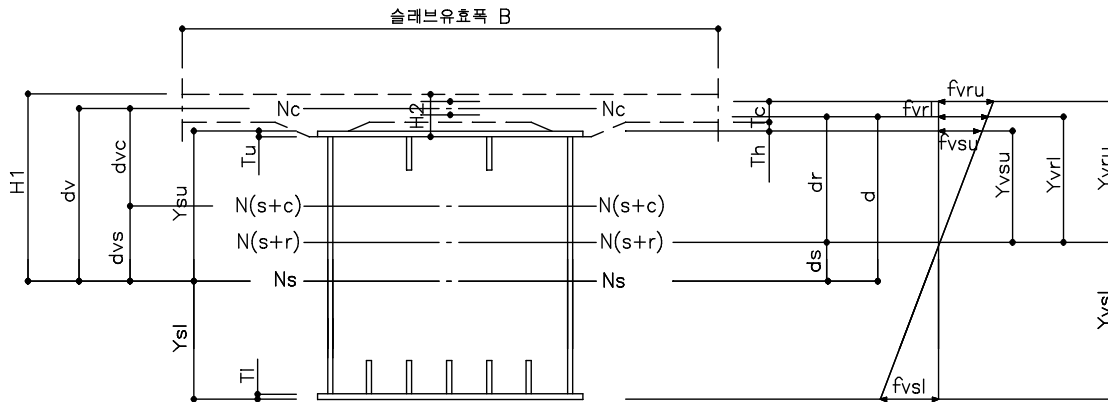
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	30.0	74361	1215.00	90348491	109773417093	5577067
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	2478.7	32.0	79318	-1216.00	-96451042	117284467666	6768494
강단면 합계			241879		-15552551	253636009759	32307720562
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26711640	38464761600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929178	30868638975	-
RE-BAR 합계			37100		50640818	69333400575	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

* $A_s = 241879 \text{ mm}^2$, $A_c = 1197995 \text{ mm}^2$, $A_r = 37100 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 253636009759 + 32307720562 = 285943730320 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -15552551 / 241879 = -64.299 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 285943730320 - 241879 \times (-64.299)^2 = 284943719346 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 30.0 - (-64.299) = 1294.299 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1294.299 - 2462.000 = -1167.701 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6354634.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -99.877 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 90.108 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 33.640 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 278979 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1429.299 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1239.226 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 190.073 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1314.226 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1164.226 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1104.226 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1357.774 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 350655254494 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n) / 2 + Tl / 2) = 6395477.8 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -18.106 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -16.039 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -15.213 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 18.706 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.134 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -35.167 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -31.153 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -29.548 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 36.333 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.295 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Avc &= As + Ac/n = 391628.515 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1439.299 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 888.946 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 550.353 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 316753.852 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1099.076 \text{ mm} \quad K = -0.294 \\
ds1 &= dv - dc1 = 340.223 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 477321686687.3 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -1347287 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1347287 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1480770455 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -3.198 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.384 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.458 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -6.515 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 291795.632 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1193.083 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 246.216 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3376738057 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 6.424 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 6.849 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 7.019 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 13.989 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3354598814 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -15.370 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -14.948 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.421 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 17.346 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\upsilon = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sc} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 61.068 \text{ MPa} < \upsilon_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

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)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{24 \times 1.000 \times 8} = 13.542 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 243.991$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right)^2 \right\} = 2132.828 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 32.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-99.877	90.108	190.000	190.000
1+2+3	-53.273	-47.193	160.000	-144.638	145.146	190.000	190.000
1+2+3+4	-56.471	-50.577	160.000	-148.096	138.631	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-50.047	-43.728	160.000	-141.077	152.620	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-65.416	-58.676	184.000	-130.656	169.966	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-34.677	-28.780	184.000	-151.498	135.275	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)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-148.096}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.068}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.608 + 0.308 = 0.916 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{152.620}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{61.068}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.645 + 0.308 = 0.953 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 30 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (48 \cdot i \cdot n) = 2600 / (48 \times 1.00 \times 8) = 6.8 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{\min} = b / (220 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/90.108)} = 1.452 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.057) = 10.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/169.966)} = 1.057 < 1.2 \Rightarrow 1.057$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -18.106 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -53.273 - -18.106 = -35.167 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.106 + 2.15 \times -35.167 + (-3.198) + (6.424) + (-15.37)$$

$$= -111.290 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.106 + 2.15 \times -35.167 + (-15.37)$$

$$= -114.517 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -99.877 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -15.213 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -144.638 - -99.877 - -15.213 = -29.548 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-99.877 + -15.213) + 2.15 \times -29.548 + (-3.458) + (7.019) + (-10.421)$$

$$= -220.005 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-99.877 + -15.213) + 2.15 \times -29.548 + (-10.421)$$

$$= -223.566 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 90.108 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 18.706 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 145.146 - 90.108 - 18.706 = 36.332 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (90.108 + 18.706) + 2.15 \times 36.332 + (-6.515) + (13.989) + (17.346)$$

$$= 244.392 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (90.108 + 18.706) + 2.15 \times 36.332 + (17.346)$$

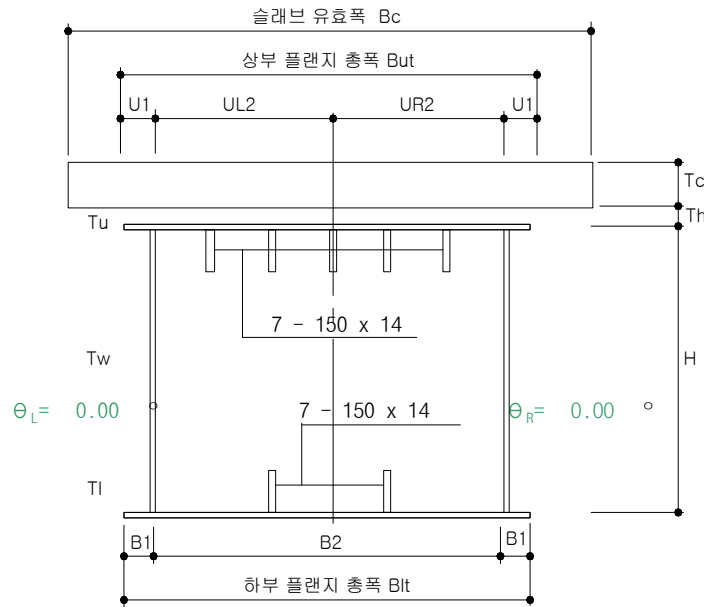
$$= 236.918 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

☑ 절점 사이의 단면 검토

< 단 면 - 9 > : 절점 48 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
 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
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4655.993
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1216.322
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4947.254
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1090.683
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-243.399
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-543.830
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-129.754
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-54.358
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-740.165

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

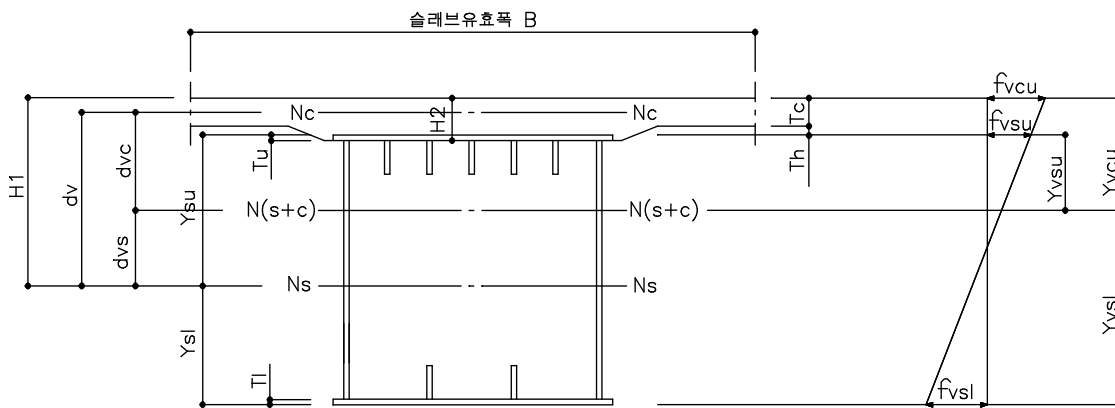
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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
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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27704889000.0 = 187452036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -20412000 / 171000 = -119.368 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 171000 \times -119.368^2 = 185015487789 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -119.368 = 1331.368 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1331.368 - 2430.000 = -1098.632 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 33.504 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -27.648 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 19.793 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 341140.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1494.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 749.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 745.3 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 874.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 624.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 586.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1843.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 376353864347 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.353 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.252 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.894 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -5.959 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 4.582 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.436 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.025 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.704 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -24.239 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.299 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 256070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 997.9 \text{ mm} & K = 0.110 \\
ds1 &= dv - dc1 = 496.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1122.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 872.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 834.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1595.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 312320187325 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 411889 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 411889 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 411031511 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.353 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.252 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.242 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.144 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.729 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.378 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_v2 &= A_s + A_c/n2 = 227713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1122.2 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 372.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1247.2 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 997.2 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 959.2 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1470.8 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 280417192319.9 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3608566906 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.701 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.715 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.479 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_v2 + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 12.040 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3211655215 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.531 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.560 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.118 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 10.837 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 38.674 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	33.504	-27.648	177.975	190.000
1+2+3	1.789	1.278	10.800	10.800	43.103	-57.846	177.975	190.000
1+2+3+4	1.547	1.134	10.800	10.800	44.832	-56.468	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.154	-0.581	1.890	1.890	60.311	-44.429	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.684	-2.141	2.174	2.174	73.430	-33.591	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.377	0.978	12.420	12.420	47.193	-55.266	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{73.430}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{38.674}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.101 + 0.124 = 0.224 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-57.846}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{38.674}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.093 + 0.124 = 0.216 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/33.504)} = 2.381 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/73.43)} = 1.609 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.353 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.789 - 0.353 = 1.436 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.353 + 2.15 \times 1.436 + (-0.242) + (-1.701) + (1.531) \\ &= 3.134 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.353 + 2.15 \times 1.436 + (1.531) \\ &= 5.077 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 33.504 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.894 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 43.103 - 33.504 - 1.894 = 7.704 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (33.504 + 1.894) + 2.15 \times 7.704 + (1.729) + (15.479) + (13.118) \\ &= 92.909 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (33.504 + 1.894) + 2.15 \times 7.704 + (13.118) \\ &= 75.700 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -27.648 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -5.959 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -57.846 - -27.648 - -5.959 = -24.238 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-27.648 + -5.959) + 2.15 \times -24.238 + (1.378) + (12.04) + (-10.837) \\ &= -93.222 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-27.648 + -5.959) + 2.15 \times -24.238 + (-10.837) \\ &= -106.640 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.792 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

Diagram illustrating the cross-section of a composite beam, showing the upper flange (But), web (Tw), and lower flange (Blt) components. The diagram includes dimensions and reinforcement details:

- Upper Flange (But):** Dimensions include B_c (total width), U_1 (width of outer reinforcement), U_2 (width of inner reinforcement), and U_3 (width of central reinforcement).
- Web (Tw):** Dimensions include T_u (top flange thickness), T_w (web thickness), and T_l (bottom flange thickness).
- Lower Flange (Blt):** Dimensions include B_1 (width of outer reinforcement), B_2 (width of inner reinforcement), and B_3 (width of central reinforcement).
- Reinforcement:** The diagram shows 7 - 150 x 14 reinforcement bars in the upper flange and 7 - 150 x 14 reinforcement bars in the lower flange.
- Angles:** The diagram indicates angles $\Theta_L = 0.00$ and $\Theta_R = 0.00$.

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	-11534.947
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-2417.027
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-5377.457
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1533.420
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-342.017
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-799.228
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	92.882
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-77.985
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-780.366
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

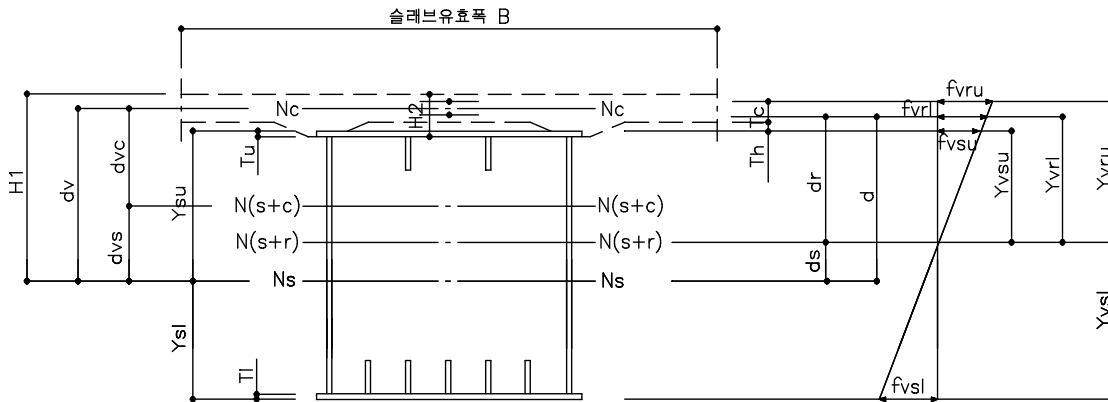
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			205977		0	211980567628	27708835917
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26711640	38464761600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929178	30868638975	-
RE-BAR 합계			37100		50640818	69333400575	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

* $A_s = 205977 \text{ mm}^2$, $A_c = 1197995 \text{ mm}^2$, $A_r = 37100 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27708835917 = 239689403545 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 205977 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 205977 \times 0.000^2 = 239689403545 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - 0.000 = 1224.000 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1224.000 - 2448.000 = -1224.000 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -58.904 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 58.904 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 27.233 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 243077 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1365.000 \text{ mm}$$

$$dr = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1156.668 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ds &= d - dr = 208.332 \text{ mm} \\
 Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1231.668 \text{ mm} \\
 Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1081.668 \text{ mm} \\
 Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1015.668 \text{ mm} \\
 Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1432.332 \text{ mm} \\
 Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 298263993099 \text{ mm}^4 \\
 Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
 fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.981 \text{ MPa} \\
 fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.765 \text{ MPa} \\
 fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.231 \text{ MPa} \\
 fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 11.607 \text{ MPa} \\
 u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.448 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
 fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -22.206 \text{ MPa} \\
 fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -19.502 \text{ MPa} \\
 fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -18.312 \text{ MPa} \\
 fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 25.824 \text{ MPa} \\
 u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 18.978 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 Av_c &= As + Ac/n = 355726.762 \text{ mm}^2 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1375.000 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 796.170 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 578.830 \text{ mm} \\
 n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 Av1 &= As + Ac/n1 = 280852.100 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1008.427 \text{ mm} \quad K = ##### \\
 ds1 &= dv - dc1 = 366.573 \text{ mm} \\
 Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 404404988105.7 \text{ mm}^4 \\
 Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -712583 \text{ N} \\
 P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -712583 \text{ N} \\
 M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -718588651 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
 fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.181 \text{ MPa} \\
 fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.272 \text{ MPa} \\
 fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.312 \text{ MPa} \\
 fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.805 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 255893.879 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1106.783 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 268.217 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3132485930 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.371 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.769 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.945 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.449 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3004493187 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.814 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.432 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.936 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.175 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 51.436 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

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 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-58.904	58.904	190.000	190.000
1+2+3	-32.187	-28.267	160.000	-85.447	96.335	190.000	190.000
1+2+3+4	-34.368	-30.539	160.000	-87.759	92.531	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-25.997	-21.770	160.000	-78.814	107.980	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-38.811	-34.202	184.000	-65.878	127.155	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-13.183	-9.338	184.000	-91.751	88.805	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-87.759}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.436}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.213 + 0.219 = 0.432 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{127.155}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{51.436}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.339 + 0.219 = 0.557 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 8) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/58.904)} = 1.796 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/127.155)} = 1.222 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -9.981 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -32.187 - 9.981 = -22.206 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.981 + 2.15 \times -22.206 + (-2.181) + (8.371) + (-12.814)$$

$$= -67.342 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.981 + 2.15 \times -22.206 + (-12.814)$$

$$= -73.532 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -58.904 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.231 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -85.447 - 58.904 - 8.231 = -18.312 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-58.904 + -8.231) + 2.15 \times -18.312 + (-2.312) + (8.945) + (-12.936)$$

$$= -132.950 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-58.904 + -8.231) + 2.15 \times -18.312 + (-12.936)$$

$$= -139.582 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 58.904 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 11.607 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 96.335 - 58.904 - 11.607 = 25.824 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.904 + 11.607) + 2.15 \times 25.824 + (-3.805) + (15.449) + (19.175)$$

$$= 178.006 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (58.904 + 11.607) + 2.15 \times 25.824 + (19.175)$$

$$= 166.362 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.792 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

The diagram illustrates the cross-section of a composite beam with the following components and dimensions:

- Upper Flange (상부 플랜지 총폭 But):** Total width of the upper flange.
- Reinforcement (강철):**
 - UR1, UR2:** Reinforcement bars in the upper flange.
 - 3 - 150 x 14:** Three vertical reinforcement bars in the web.
 - 7 - 150 x 14:** Seven vertical reinforcement bars in the lower flange.
- Web (Web):** The central vertical part of the beam.
- Lower Flange (하부 플랜지 총폭 Blt):** Total width of the lower flange.
- Dimensions:**
 - Bc:** Overall width of the beam.
 - Tu:** Thickness of the upper flange.
 - Tw:** Thickness of the web.
 - TI:** Thickness of the lower flange.
 - B1:** Width of the lower flange on one side.
 - B2:** Width of the web.
 - H:** Total height of the beam.
 - Tc:** Thickness of the concrete slab.
 - Th:** Thickness of the steel plate.
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$
 - $\theta_R = 0.00^\circ$

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	-14534.780
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3084.733
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-6413.038
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1660.364
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-368.934
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-842.419
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	77.587
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-101.110
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-785.311
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

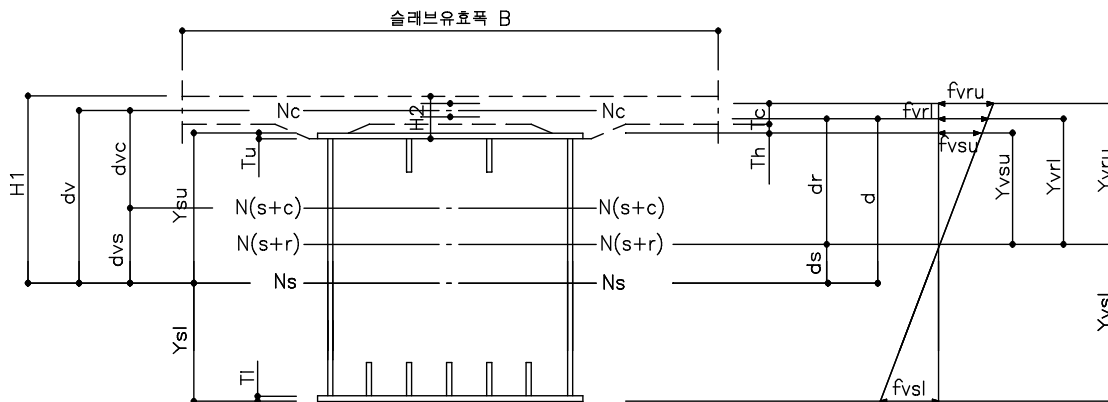
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26711640	38464761600	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929178	30868638975	-
RE-BAR 합계			37100		50640818	69333400575	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

$$* A_s = 197577 \text{ mm}^2, A_c = 1197995 \text{ mm}^2, A_r = 37100 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합성 전

$$\begin{aligned} I_{s'} &= A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = ##### + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4 \\ \delta_s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197577 = -47.829 \text{ mm} \\ I_s &= I_{s'} - A_s \cdot \delta_s^2 = ##### - 197577 \times -47.829^2 = 228590416206 \text{ mm}^4 \\ Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.829 = 1271.829 \text{ mm} \\ Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm} \\ F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\ f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -80.868 \text{ MPa} \\ f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 74.786 \text{ MPa} \\ u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 29.336 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned} A_v &= A_s + A_r = 234677 \text{ mm}^2 \\ d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\ d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.479 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 223.351 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.479 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.479 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.479 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.521 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290937250720 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -13.407 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -11.817 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -11.117 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 14.839 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.066 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -27.873 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -24.566 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -23.111 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 30.849 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.760 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 347326.762 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.379 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 613.450 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 272452.100 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.811 \text{ mm} \quad K = ##### \\
ds1 &= dv - dc1 = 391.019 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 401822903619.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -930464 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -930464 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -960062891 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.859 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.990 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.048 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.189 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247493.879 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.862 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 286.967 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3214788293 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.358 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.797 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.990 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.158 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3054339644 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.638 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.220 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.163 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.974 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 55.142 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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 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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right) \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-80.868	74.786	190.000	190.000
1+2+3	-41.279	-36.383	160.000	-115.097	120.474	190.000	190.000
1+2+3+4	-44.139	-39.373	160.000	-118.145	115.285	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-35.781	-30.576	160.000	-109.154	131.444	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-48.418	-42.796	184.000	-95.991	151.418	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-23.143	-18.356	184.000	-122.318	111.470	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-118.145}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.142}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.387 + 0.251 = 0.638 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{151.418}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{55.142}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.480 + 0.251 = 0.732 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/74.786)} = 1.594 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.120) = 9.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/151.418)} = 1.120 < 1.2 \Rightarrow 1.120$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -13.407 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -41.279 - 13.407 = -27.873 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.407 + 2.15 \times -27.873 + (-2.859) + (8.358) + (-12.638)$$

$$= -84.494 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -13.407 + 2.15 \times -27.873 + (-12.638)$$

$$= -89.992 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -80.868 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -11.117 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -115.097 - 80.868 - 11.117 = -23.112 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.868 + -11.117) + 2.15 \times -23.112 + (-3.048) + (8.99) + (-13.163)$$

$$= -176.492 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.868 + -11.117) + 2.15 \times -23.112 + (-13.163)$$

$$= -182.434 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 74.786 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 14.839 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 120.474 - 74.786 - 14.839 = 30.849 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (74.786 + 14.839) + 2.15 \times 30.849 + (-5.189) + (16.158) + (19.974)$$

$$= 213.782 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (74.786 + 14.839) + 2.15 \times 30.849 + (19.974)$$

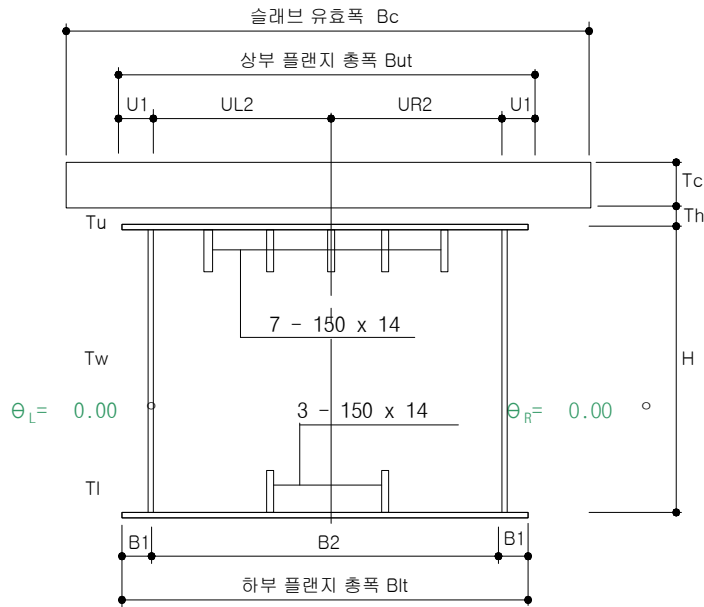
$$= 202.812 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.6 SPLICE부의 응력검토

< S P L I C E - 1 > : 절점 3 로 부터 이격 거리 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
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	11257.923
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2656.443
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4952.244
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-532.464
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-122.475
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-414.280
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-126.252
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-44.097
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-788.690

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

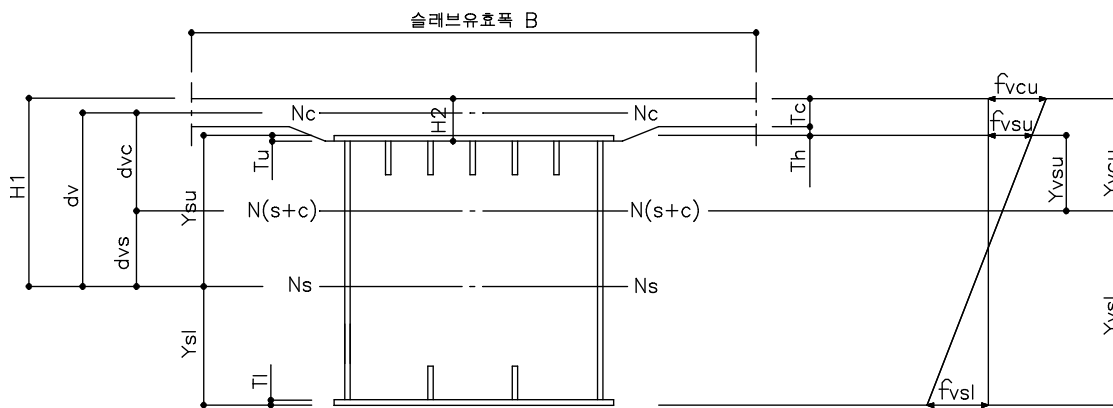
단 면 제 원

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

* $A_s = 162600 \text{ mm}^2$, $A_c = 1361125 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 81.808 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -73.570 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 10.078 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 886149089 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.787 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.550 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.113 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -14.333 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.416 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.468 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.026 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.668 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -26.721 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.368 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.693 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 910387 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 910387 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 862111465 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.787 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.550 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.421 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.216 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.276 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.316 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n^2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n^2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n^2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n^2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n^2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n^2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n^2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.302 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n^2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.396 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 22.849 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 0.901 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.973 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.160 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.129 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 1.585 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 24.862 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	81.808	-73.570	177.975	190.000
1+2+3	2.255	1.576	10.800	10.800	93.590	-114.624	177.975	190.000
1+2+3+4	1.835	1.360	10.800	10.800	98.866	-114.308	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.532	-0.036	10.800	1.890	121.715	-113.407	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.440	-1.195	2.174	2.174	137.844	-111.822	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.505	1.124	12.420	12.420	105.586	-114.992	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{137.844}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{24.862}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.355 + 0.051 = 0.406 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-114.624}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.862}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.364 + 0.051 = 0.415 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/81.808)} = 1.524 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.174) = 4.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/137.844)} = 1.174 < 1.2 \Rightarrow 1.174$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.787 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.255 - 0.787 = 1.468 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.787 + 2.15 \times 1.468 + (-0.421) + (-1.302) + (0.973) \\ = 3.430 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.787 + 2.15 \times 1.468 + (0.973) \\ = 5.153 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 81.808 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.113 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 93.59 - 81.808 - 4.113 = 7.668 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (81.808 + 4.113) + 2.15 \times 7.668 + (5.276) + (22.849) + (16.129) \\ = 172.438 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (81.808 + 4.113) + 2.15 \times 7.668 + (16.129) \\ = 144.313 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -73.570 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -14.333 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -114.624 - -73.57 - -14.333 = -26.721 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-73.57 + -14.333) + 2.15 \times -26.721 + (0.316) + (0.901) + (-1.585) \\ = -172.092 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-73.57 + -14.333) + 2.15 \times -26.721 + (-1.585) \\ = -173.309 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m
TI = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

Diagram illustrating the structural details of a column joint, showing dimensions and reinforcement layout.

Dimensions:

- B_c : Column width (top)
- B_t : Beam width (bottom)
- H : Total height of the joint
- T_u : Top reinforcement bar diameter
- T_w : Web reinforcement bar diameter
- T_l : Bottom reinforcement bar diameter
- T_c : Top reinforcement bar diameter (right side)
- T_h : Height of the top reinforcement bar (right side)

Reinforcement Details:

- Top Flange (상부 플랜지 총폭 But):**
 - Reinforcement: $U1, UL2, UR2, U1$
- Web (7 - 150 x 14):**
 - Reinforcement: $7 - 150 \times 14$
- Bottom Flange (하부 플랜지 총폭 Blt):**
 - Reinforcement: $B1, B2, B1$
- Bottom Flange (3 - 150 x 14):**
 - Reinforcement: $3 - 150 \times 14$

Angles:

- $\theta_L = 0.00$
- $\theta_R = 0.00^\circ$

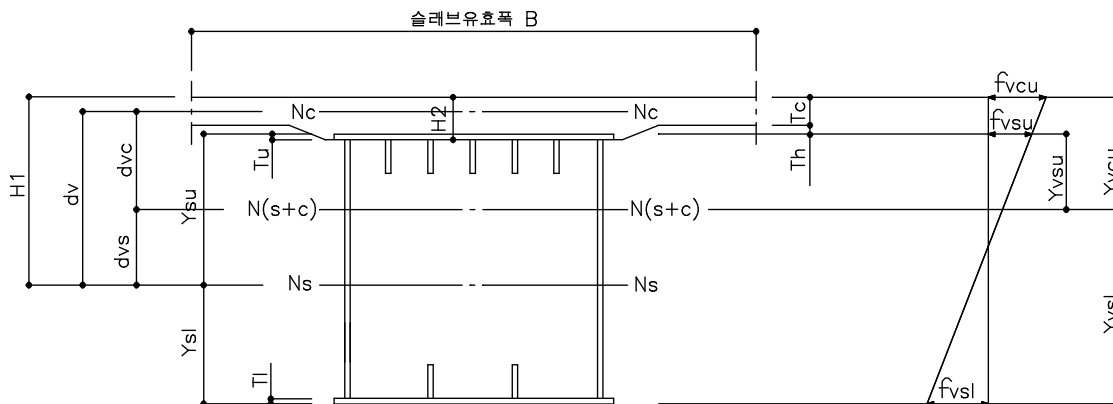
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$* A_s = 162600 \text{ mm}^2, A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

$$\delta_s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 92.016 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -82.750 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 5.050 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2$$

$$l_{c/n} = 886149089 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.892 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.623 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.658 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -16.231 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.184 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.846 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.290 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.643 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -33.602 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.312 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.410 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1030935 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1030935 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 976267338 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.892 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.623 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.540 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.293 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.235 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.912 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.486 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.541 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 19.506 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 6.521 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.226 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.337 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.804 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 6.200 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 15.291 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	92.016	-82.750	177.975	190.000
1+2+3	2.738	1.913	10.800	10.800	106.318	-132.584	177.975	190.000
1+2+3+4	2.198	1.620	10.800	10.800	111.552	-130.672	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.712	0.079	10.800	10.800	131.058	-124.152	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.514	-1.258	2.174	2.174	145.863	-117.952	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.938	1.416	12.420	12.420	116.254	-130.352	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{131.058}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{15.291}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.410 + 0.019 = 0.429 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-132.584}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{15.291}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.487 + 0.019 = 0.506 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/92.016)} = 1.437 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.141) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/145.863)} = 1.141 < 1.2 \Rightarrow 1.141$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.892 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.738 - 0.892 = 1.846 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.892 + 2.15 \times 1.846 + (-0.54) + (-1.486) + (1.226) \\ &= 4.329 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.892 + 2.15 \times 1.846 + (1.226) \\ &= 6.354 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 92.016 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.658 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 106.318 - 92.016 - 4.658 = 9.644 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (92.016 + 4.658) + 2.15 \times 9.644 + (5.235) + (19.506) + (14.804) \\ &= 185.955 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (92.016 + 4.658) + 2.15 \times 9.644 + (14.804) \\ &= 161.214 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -82.750 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -16.231 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -132.584 - -82.75 - -16.231 = -33.603 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-82.75 + -16.231) + 2.15 \times -33.603 + (1.912) + (6.521) + (-6.2) \\ &= -198.689 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-82.75 + -16.231) + 2.15 \times -33.603 + (-6.2) \\ &= -207.122 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

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 = 0.012 m
Tl = 0.018 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

The diagram shows a cross-section of a bridge girder with the following dimensions and details:

- Top Dimensions:**
 - B_c : Total width of the top flange.
 - 상부 플랜지 총폭 But**: Total width of the top flange.
 - U_1 : Distance from the outer edge to the center of the top reinforcement bar.
 - U_L : Distance between the two top reinforcement bars.
 - U_R : Distance between the two top reinforcement bars (labeled as U_R in the diagram).
- Vertical Dimensions:**
 - T_u : Thickness of the top flange.
 - T_w : Web thickness.
 - T_f : Thickness of the bottom flange.
 - H : Total height of the girder.
- Reinforcement Details:**
 - 7 - 150 x 14**: Top reinforcement bars (7 bars, 150mm diameter, 14mm yield strength).
 - 3 - 150 x 14**: Bottom reinforcement bars (3 bars, 150mm diameter, 14mm yield strength).
- Bottom Dimensions:**
 - B_1 : Distance from the outer edge to the center of the bottom reinforcement bar.
 - B_2 : Distance between the two bottom reinforcement bars.
 - 하부 플랜지 총폭 Blt**: Total width of the bottom flange.
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$: Left end rotation angle.
 - $\theta_R = 0.00^\circ$: Right end rotation angle.

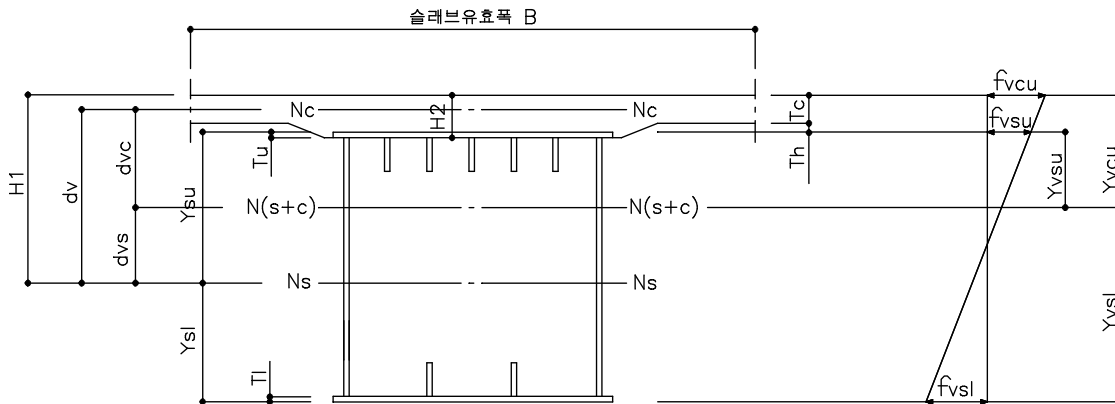
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 38.598 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -34.711 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 19.053 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.404 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.282 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.110 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -7.352 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 4.372 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.506 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.052 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.868 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -27.417 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.054 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.126 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 466936 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 466936 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 442175797 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.404 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.282 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.273 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.155 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.035 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.572 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.670 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.687 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 16.151 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 12.160 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.481 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.515 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.475 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 10.831 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 37.480 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	38.598	-34.711	177.975	190.000
1+2+3	1.910	1.335	10.800	10.800	48.576	-69.479	177.975	190.000
1+2+3+4	1.637	1.180	10.800	10.800	50.610	-67.907	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.033	-0.507	1.890	1.890	66.761	-55.747	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.514	-2.021	2.174	2.174	80.236	-44.916	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.448	1.008	12.420	12.420	53.286	-66.578	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{80.236}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{37.480}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.120 + 0.116 = 0.236 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-69.479}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{37.480}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.134 + 0.116 = 0.250 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/38.598)} = 2.219 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/80.236)} = 1.539 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.404 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.91 - 0.404 = 1.506 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.404 + 2.15 \times 1.506 + (-0.273) + (-1.67) + (1.481) \\ = 3.301 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.404 + 2.15 \times 1.506 + (1.481) \\ = 5.244 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 38.598 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.110 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 48.576 - 38.598 - 2.11 = 7.868 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (38.598 + 2.11) + 2.15 \times 7.868 + (2.035) + (16.151) + (13.475) \\ = 101.497 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (38.598 + 2.11) + 2.15 \times 7.868 + (13.475) \\ = 83.311 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -34.711 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.352 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -69.479 - (-34.711) - (-7.352) = -27.417 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-34.711 + -7.352) + 2.15 \times -27.417 + (1.572) + (12.16) + (-10.831) \\ = -110.726 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-34.711 + -7.352) + 2.15 \times -27.417 + (-10.831) \\ = -124.458 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m
TI = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

The diagram illustrates the structural details of a column joint. Key dimensions and components are labeled as follows:

- Top Dimensions:**
 - B_c : Total width of the column.
 - 상부 플랜지 총폭 But**: Total width of the top flange.
 - $U1$: Distance from the edge of the top flange to the center of the top reinforcement bars.
 - $UL2$: Distance between the two top reinforcement bars.
 - $UR2$: Distance between the two top reinforcement bars (symmetrical to $UL2$).
- Joint Dimensions:**
 - T_u : Thickness of the top slab.
 - T_w : Width of the joint.
 - T_l : Thickness of the bottom slab.
 - H : Total height of the column section.
 - T_c : Thickness of the top slab (repeated label).
 - T_h : Thickness of the joint (repeated label).
- Reinforcement Details:**
 - 7 - 150 x 14**: Seven top reinforcement bars, each 150mm diameter and 14mm yield strength.
 - 3 - 150 x 14**: Three bottom reinforcement bars, each 150mm diameter and 14mm yield strength.
- Bottom Dimensions:**
 - $B1$: Distance from the edge of the bottom slab to the center of the bottom reinforcement bars.
 - $B2$: Distance between the two bottom reinforcement bars.
 - 하부 플랜지 총폭 Blt**: Total width of the bottom flange.
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$: Angle of rotation at the left end.
 - $\theta_R = 0.00^\circ$: Angle of rotation at the right end.

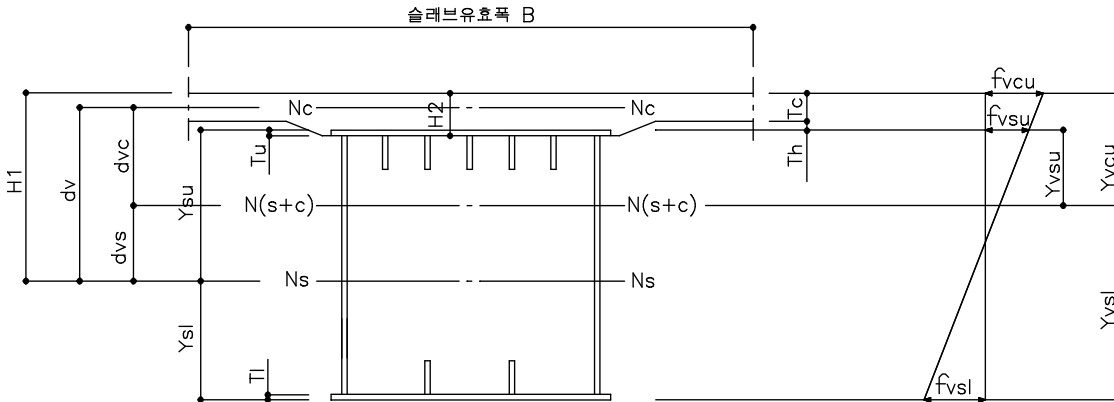
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

$$* A_s = 157000 \text{ mm}^2, A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad -4146800 \quad / \quad 157000 \quad = \quad -26.413 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 16.780 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -16.118 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 10.128 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 886149089 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.189 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.130 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 0.968 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -3.645 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.520 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.349 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.926 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 6.893 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -25.951 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.928 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} & K = ##### \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 217398 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 217398 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 197596387 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.189 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.130 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.141 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.080 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 0.811 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.094 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.839 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.817 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 13.180 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 18.410 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.708 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.663 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.380 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 15.842 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 24.577 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	16.780	-16.118	177.975	190.000
1+2+3	1.538	1.056	10.800	10.800	24.641	-45.714	177.975	190.000
1+2+3+4	1.397	0.976	10.800	10.800	25.452	-44.620	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.442	-0.840	1.890	1.890	38.632	-26.210	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-2.150	-2.504	2.174	2.174	51.012	-10.369	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.266	0.823	12.420	12.420	26.253	-42.052	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{51.012}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{24.577}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.049 + 0.050 = 0.099 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-45.714}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.577}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.058 + 0.050 = 0.108 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/16.78)} = 3.365 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/51.012)} = 1.930 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.189 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.538 - 0.189 = 1.349 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.189 + 2.15 \times 1.349 + (-0.141) + (-1.839) + (1.708) \\ = 2.874 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.189 + 2.15 \times 1.349 + (1.708) \\ = 4.854 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 16.780 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.968 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 24.641 - 16.78 - 0.968 = 6.893 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (16.78 + 0.968) + 2.15 \times 6.893 + (0.811) + (13.18) + (12.38) \\ = 64.262 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (16.78 + 0.968) + 2.15 \times 6.893 + (12.38) \\ = 50.271 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -16.118 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -3.645 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -45.714 - -16.118 - -3.645 = -25.951 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.118 + -3.645) + 2.15 \times -25.951 + (1.094) + (18.41) + (-15.842) \\ = -77.825 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.118 + -3.645) + 2.15 \times -25.951 + (-15.842) \\ = -97.328 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

스래브 유효폭 Bc

상부 플랜지 총폭 But

U1 UL2 UR2 U1

Tu

Tw

7 - 150 x 14

3 - 150 x 14

θ_L= 0.00

θ_R= 0.00 °

Tl

B1 B2 B1

하부 플랜지 총폭 Blt

Tc

Th

H

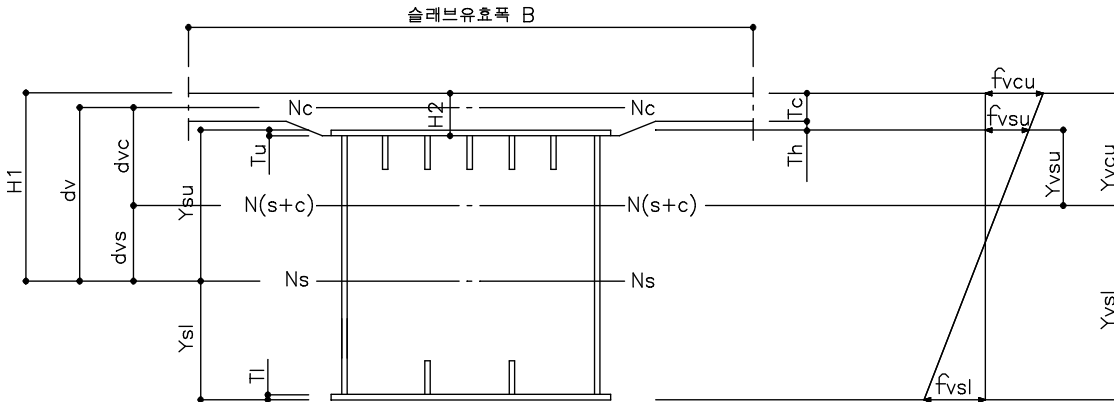
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

$$* A_s = 157000 \text{ mm}^2, A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-4146800}{157000} = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 27.997 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -26.893 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.175 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 886149089 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.288 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.197 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.470 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -5.534 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.697 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.435 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.985 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.335 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -27.616 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.597 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} & K = ##### \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 330112 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 330112 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 300044366 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.288 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.197 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.207 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.116 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.309 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.488 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.779 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.769 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.268 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 16.450 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.625 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.607 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.803 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 14.247 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 19.469 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	27.997	-26.893	177.975	190.000
1+2+3	1.723	1.183	10.800	10.800	36.802	-60.044	177.975	190.000
1+2+3+4	1.516	1.067	10.800	10.800	38.111	-58.556	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.263	-0.703	1.890	1.890	52.379	-42.106	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.888	-2.309	2.174	2.174	65.182	-27.859	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.362	0.904	12.420	12.420	39.576	-56.354	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{65.182}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{19.469}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.079 + 0.031 = 0.111 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-60.044}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{19.469}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.100 + 0.031 = 0.131 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/27.997)} = 2.605 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/65.182)} = 1.707 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.288 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.723 - 0.288 = 1.435 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.288 + 2.15 \times 1.435 + (-0.207) + (-1.779) + (1.625) \\ &= 3.099 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.288 + 2.15 \times 1.435 + (1.625) \\ &= 5.085 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 27.997 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.470 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 36.802 - 27.997 - 1.47 = 7.335 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (27.997 + 1.47) + 2.15 \times 7.335 + (1.309) + (14.268) + (12.803) \\ &= 82.458 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (27.997 + 1.47) + 2.15 \times 7.335 + (12.803) \\ &= 66.881 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -26.893 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -5.534 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -60.044 - -26.893 - -5.534 = -27.616 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-26.893 + -5.534) + 2.15 \times -27.616 + (1.488) + (16.45) + (-14.247) \\ &= -97.841 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-26.893 + -5.534) + 2.15 \times -27.616 + (-14.247) \\ &= -115.778 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 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 = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

[illegible]

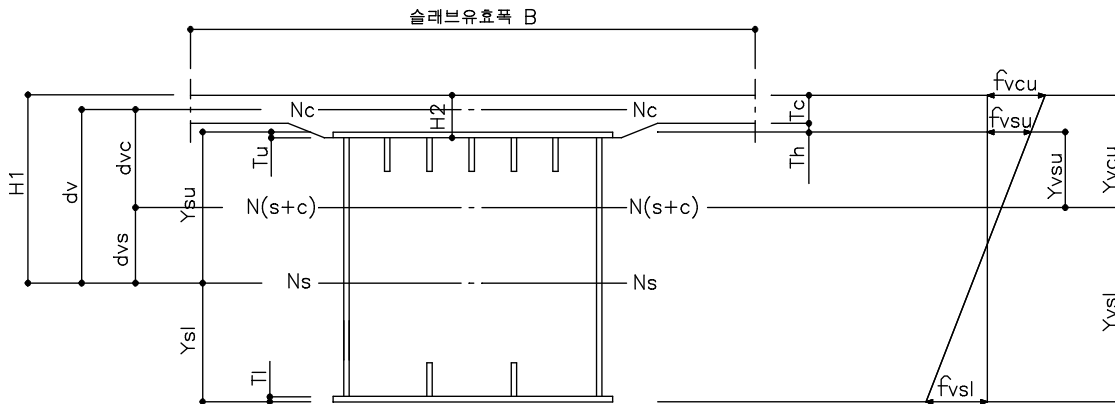
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	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

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 43.556 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -41.839 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 8.257 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 886149089 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.426 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.292 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.175 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -8.188 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.128 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.473 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.011 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.529 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -28.346 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.966 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} & K = 0.063 \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 488391 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 488391 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 443906747 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.426 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.292 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.293 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.161 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.093 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.848 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.696 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.704 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.768 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 13.747 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.511 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.528 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.387 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.049 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 22.352 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	43.556	-41.839	177.975	190.000
1+2+3	1.899	1.303	10.800	10.800	53.260	-78.373	177.975	190.000
1+2+3+4	1.606	1.142	10.800	10.800	55.353	-76.525	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.090	-0.562	1.890	1.890	71.121	-62.778	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.601	-2.090	2.174	2.174	84.508	-50.729	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.421	0.966	12.420	12.420	57.734	-74.827	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{84.508}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{22.352}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.133 + 0.041 = 0.175 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-78.373}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.352}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.170 + 0.041 = 0.211 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \text{ O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/43.556)} = 2.089 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/84.508)} = 1.499 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.426 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.899 - 0.426 = 1.473 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.426 + 2.15 \times 1.473 + (-0.293) + (-1.696) + (1.511) \\ = 3.243 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.426 + 2.15 \times 1.473 + (1.511) \\ = 5.231 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 43.556 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.175 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 53.26 - 43.556 - 2.175 = 7.529 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.556 + 2.175) + 2.15 \times 7.529 + (2.093) + (15.768) + (13.387) \\ = 106.885 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.556 + 2.175) + 2.15 \times 7.529 + (13.387) \\ = 89.024 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -41.839 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.188 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -78.373 - -41.839 - -8.188 = -28.346 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.839 + -8.188) + 2.15 \times -28.346 + (1.848) + (13.747) + (-12.049) \\ = -122.433 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.839 + -8.188) + 2.15 \times -28.346 + (-12.049) \\ = -138.027 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

The diagram shows a cross-section of a bridge girder with the following dimensions and details:

- Top Dimensions:**
 - B_c : Total width of the top slab.
 - 상부 플랜지 총폭 But**: Total width of the top flange.
 - U_1 : Width of the top reinforcement bars.
 - U_L : Width of the top reinforcement bars.
 - U_R : Width of the top reinforcement bars.
 - U_1 : Width of the top reinforcement bars.
- Bottom Dimensions:**
 - B_1 : Width of the bottom reinforcement bars.
 - B_2 : Width of the bottom reinforcement bars.
 - 하부 플랜지 총폭 Blt**: Total width of the bottom flange.
- Reinforcement Details:**
 - 7 - 150 x 14**: Top reinforcement bars.
 - 3 - 150 x 14**: Bottom reinforcement bars.
- Other Dimensions:**
 - T_u : Thickness of the top slab.
 - T_c : Thickness of the concrete.
 - T_h : Thickness of the reinforcement.
 - H : Total height of the girder.
 - T_w : Thickness of the web.
 - T_l : Thickness of the bottom slab.
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$
 - $\theta_R = 0.00^\circ$

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 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	5923.901
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	1407.146
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	4868.624
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	458.421
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	104.151
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	505.938
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	44.167
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	48.605
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	485.547

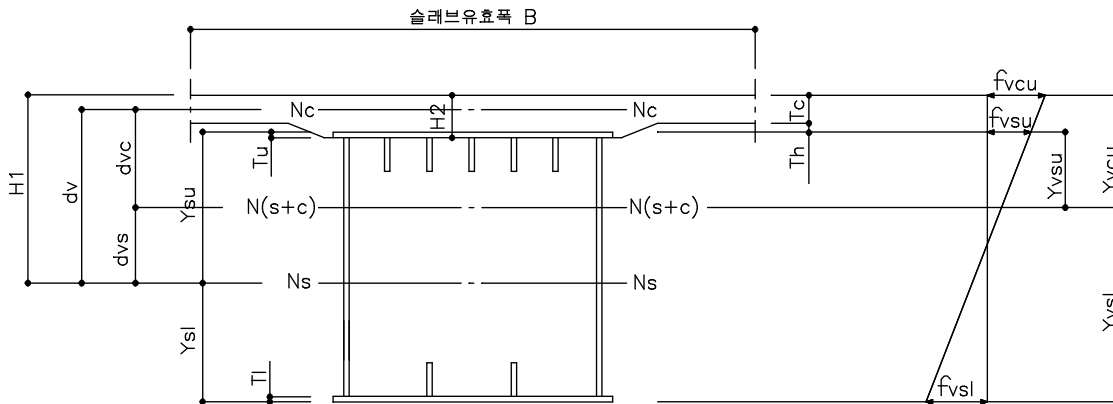
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

$$* A_s = 157000 \text{ mm}^2, A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-4146800}{157000} = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 43.564 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -41.846 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 8.251 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

lc/n = 886149089 mm⁴

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.426 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.292 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.175 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -8.189 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.127 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.472 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.011 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.526 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -28.333 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.972 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} & K = 0.063 \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 488454 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 488454 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 443964485 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.426 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.292 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.293 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.161 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.093 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.848 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.696 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.704 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 15.768 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 13.747 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.511 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.528 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.387 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 12.049 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 22.349 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	43.564	-41.846	177.975	190.000
1+2+3	1.898	1.303	10.800	10.800	53.265	-78.369	177.975	190.000
1+2+3+4	1.605	1.142	10.800	10.800	55.358	-76.521	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.090	-0.562	1.890	1.890	71.126	-62.774	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.601	-2.090	2.174	2.174	84.513	-50.725	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.420	0.966	12.420	12.420	57.739	-74.823	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{84.513}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{22.349}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.133 + 0.041 = 0.175 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-78.369}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{22.349}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.170 + 0.041 = 0.211 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/43.564)} = 2.088 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/84.513)} = 1.499 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.426 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.898 - 0.426 = 1.472 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.426 + 2.15 \times 1.472 + (-0.293) + (-1.696) + (1.511) \\ = 3.241 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.426 + 2.15 \times 1.472 + (1.511) \\ = 5.230 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 43.564 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.175 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 53.265 - 43.564 - 2.175 = 7.526 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.564 + 2.175) + 2.15 \times 7.526 + (2.093) + (15.768) + (13.387) \\ = 106.889 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (43.564 + 2.175) + 2.15 \times 7.526 + (13.387) \\ = 89.028 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -41.846 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -8.189 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -78.369 - -41.846 - -8.189 = -28.334 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.846 + -8.189) + 2.15 \times -28.334 + (1.848) + (13.747) + (-12.049) \\ = -122.418 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.846 + -8.189) + 2.15 \times -28.334 + (-12.049) \\ = -138.012 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

[illegible]

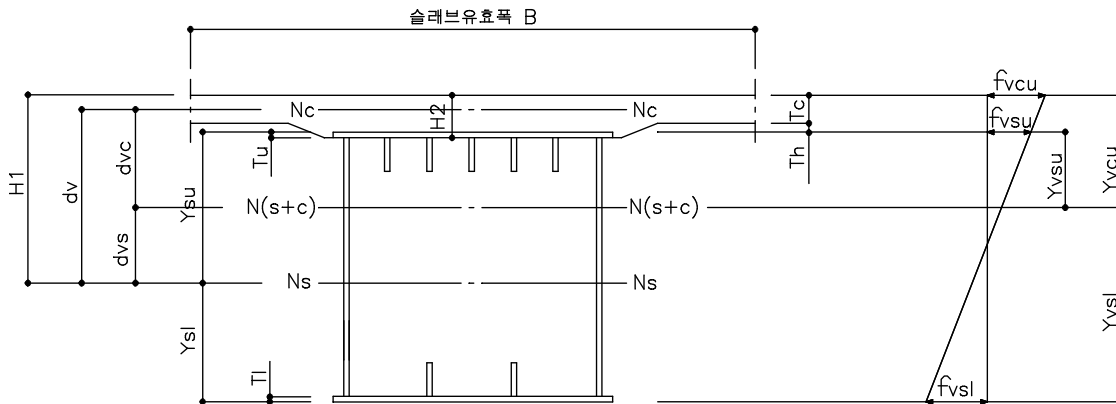
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	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

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -4146800 / 157000 = -26.413 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 27.988 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -26.885 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 6.158 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 886149089 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.288 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.197 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.470 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -5.533 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.694 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.435 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.985 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.332 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -27.606 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.623 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} & K = ##### \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 330028 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 330028 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 299968329 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.288 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.197 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.207 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.116 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.308 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.487 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.779 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.769 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 14.268 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 16.450 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.625 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.607 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.803 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 14.247 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \quad 19.475 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	27.988	-26.885	177.975	190.000
1+2+3	1.722	1.182	10.800	10.800	36.790	-60.023	177.975	190.000
1+2+3+4	1.515	1.067	10.800	10.800	38.098	-58.536	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.264	-0.703	1.890	1.890	52.366	-42.086	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.889	-2.309	2.174	2.174	65.169	-27.839	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.361	0.904	12.420	12.420	39.563	-56.334	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{65.169}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{19.475}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.079 + 0.031 = 0.111 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-60.023}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{19.475}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.100 + 0.031 = 0.131 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{\min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/27.988)} = 2.605 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/65.169)} = 1.707 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.288 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.722 - 0.288 = 1.435 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.288 + 2.15 \times 1.435 + (-0.207) + (-1.779) + (1.625) \\ = 3.097 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.288 + 2.15 \times 1.435 + (1.625) \\ = 5.083 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 27.988 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.470 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 36.79 - 27.988 - 1.47 = 7.332 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (27.988 + 1.47) + 2.15 \times 7.332 + (1.308) + (14.268) + (12.803) \\ = 82.439 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (27.988 + 1.47) + 2.15 \times 7.332 + (12.803) \\ = 66.863 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -26.885 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -5.533 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -60.023 - -26.885 - -5.533 = -27.605 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-26.885 + -5.533) + 2.15 \times -27.605 + (1.487) + (16.45) + (-14.247) \\ = -97.805 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-26.885 + -5.533) + 2.15 \times -27.605 + (-14.247) \\ = -115.742 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

[illegible]

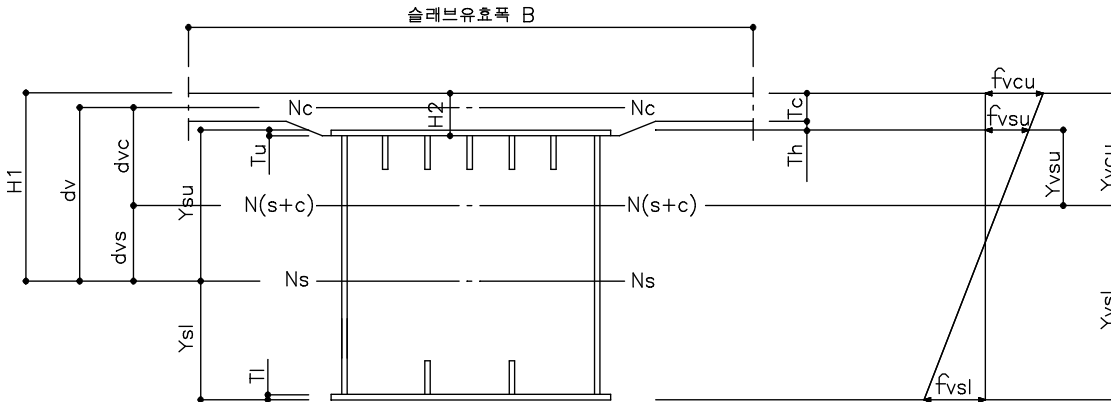
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2800.0	12.0	33600	1206.0	40521600	48869049600	403200
7 - UPPER RIB	14.0	150.0	14700	1125.0	16537500	18604687500	27562500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2800.0	16.0	44800	-1208.0	-54118400	65375027200	955733.3333
강단면 합계			157000		-4146800	1.40822E+11	27688733933
1 - RC SLAB	5444.5	250.0	1361125	1375.0	1871546875	2573376953125	7089192708

$$* A_s = 157000 \text{ mm}^2, A_c = 1361125 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = ##### + 27688733933.3 = 168510935733 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad -4146800 \quad / \quad 157000 \quad = \quad -26.413 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 157000 \times -26.413^2 = 168401407388 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -26.413 = 1238.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1238.413 - 2428.000 = -1189.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6305368.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 16.768 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -16.107 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 10.160 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 327140.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 886149089 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1401.4 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 672.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 728.9 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 797.6 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 547.6 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 509.6 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1918.4 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 329650979917 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6346180.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.189 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.130 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 0.968 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -3.643 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.525 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.349 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.926 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 6.894 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -25.956 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.943 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 242070.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 908.9 \text{ mm} & K = ##### \\
ds1 &= dv - dc1 = 492.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1033.9 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 783.9 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 745.9 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1682.1 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 277204301089 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 217302 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 217302 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 197509307 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.189 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.130 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.141 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.080 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 0.811 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.093 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 213713.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1029.5 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 371.9 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1154.5 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 904.5 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 866.5 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1561.5 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 250521882333.1 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3310575524 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.839 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.817 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 13.180 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 18.410 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2883631751 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.708 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.663 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 12.380 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 15.842 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 24.628 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	16.768	-16.107	177.975	190.000
1+2+3	1.538	1.056	10.800	10.800	24.630	-45.706	177.975	190.000
1+2+3+4	1.397	0.976	10.800	10.800	25.441	-44.613	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.442	-0.840	1.890	1.890	38.621	-26.203	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-2.150	-2.504	2.174	2.174	51.001	-10.361	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.266	0.823	12.420	12.420	26.241	-42.044	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{51.001}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{24.628}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.049 + 0.050 = 0.099 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-45.706}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.628}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.058 + 0.050 = 0.108 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2600 / (80 \times 4) = 8.1 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \text{ O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/16.768)} = 3.366 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/51.001)} = 1.930 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.189 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.538 - 0.189 = 1.349 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.189 + 2.15 \times 1.349 + (-0.141) + (-1.839) + (1.708) \\ = 2.874 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.189 + 2.15 \times 1.349 + (1.708) \\ = 4.854 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 16.768 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.968 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 24.63 - 16.768 - 0.968 = 6.894 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (16.768 + 0.968) + 2.15 \times 6.894 + (0.811) + (13.18) + (12.38) \\ = 64.250 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (16.768 + 0.968) + 2.15 \times 6.894 + (12.38) \\ = 50.258 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -16.107 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -3.643 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -45.706 - -16.107 - -3.643 = -25.956 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.107 + -3.643) + 2.15 \times -25.956 + (1.093) + (18.41) + (-15.842) \\ = -77.818 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-16.107 + -3.643) + 2.15 \times -25.956 + (-15.842) \\ = -97.321 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

Diagram illustrating the structural details of a column section, showing dimensions and reinforcement layout.

Dimensions:

- Overall Width:** B_c (슬래브 유효폭)
- Effective Width:** B_{it} (하부 플랜지 총폭)
- Effective Width:** B_{ut} (상부 플랜지 총폭)
- Overall Height:** H
- Effective Height:** H_{th} (Thickened portion height)
- Effective Height:** H_{tc} (Thin portion height)
- Effective Height:** H_{tw} (Web height)
- Effective Height:** H_{tl} (Lower flange height)

Reinforcement Details:

- Top Reinforcement:** U_1 (Outer), U_2 (Inner)
- Bottom Reinforcement:** B_1 (Outer), B_2 (Inner)
- Web Reinforcement:** $7 - 150 \times 14$ (Top), $3 - 150 \times 14$ (Bottom)

Angles:

- $\theta_L = 0.00$
- $\theta_R = 0.00^\circ$

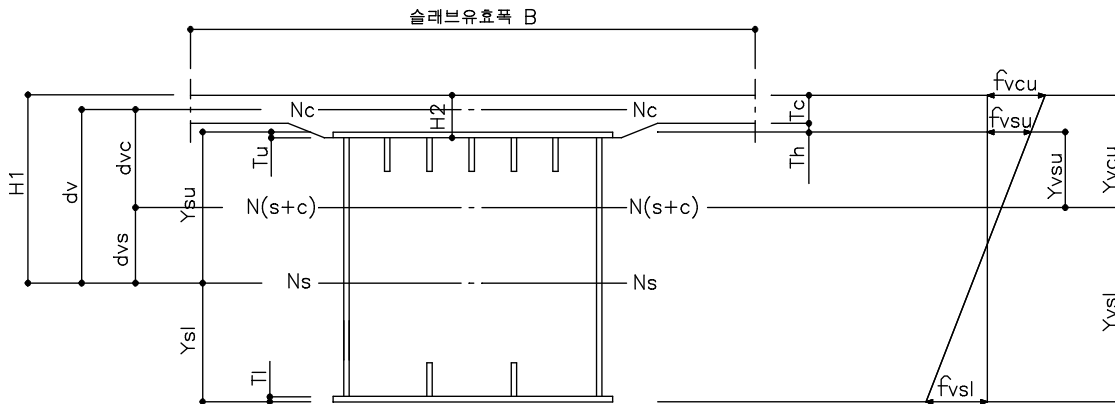
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 38.599 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -34.712 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 19.083 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 886149089 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 704.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.404 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.282 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.110 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -7.352 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 4.376 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.506 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.053 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.869 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -27.418 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.080 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.126 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 466937 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 466937 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 442176446 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.404 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.282 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.273 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.155 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.035 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.572 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H_2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n_2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n_2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n_2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.670 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n_2 \cdot (P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.687 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 16.151 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 12.160 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.481 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.515 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 13.475 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 10.831 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \quad 37.539 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 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	38.599	-34.712	177.975	190.000
1+2+3	1.910	1.335	10.800	10.800	48.577	-69.481	177.975	190.000
1+2+3+4	1.637	1.180	10.800	10.800	50.611	-67.909	204.671	190.000
1+2+3+4+5	-0.033	-0.507	1.890	1.890	66.762	-55.749	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.513	-2.021	2.174	2.174	80.238	-44.918	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.448	1.008	12.420	12.420	53.287	-66.580	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{80.238}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{37.539}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.120 + 0.116 = 0.237 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-69.481}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{37.539}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.134 + 0.116 = 0.250 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/38.599)} = 2.219 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/80.238)} = 1.539 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.404 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.91 - 0.404 = 1.506 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.404 + 2.15 \times 1.506 + (-0.273) + (-1.67) + (1.481) \\ = 3.301 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.404 + 2.15 \times 1.506 + (1.481) \\ = 5.244 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 38.599 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.110 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 48.577 - 38.599 - 2.11 = 7.868 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (38.599 + 2.11) + 2.15 \times 7.868 + (2.035) + (16.151) + (13.475) \\ = 101.498 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (38.599 + 2.11) + 2.15 \times 7.868 + (13.475) \\ = 83.313 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -34.712 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.352 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -69.481 - -34.712 - -7.352 = -27.418 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-34.712 + -7.352) + 2.15 \times -27.418 + (1.572) + (12.16) + (-10.831) \\ = -110.730 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-34.712 + -7.352) + 2.15 \times -27.418 + (-10.831) \\ = -124.462 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

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 = 0.012 m

TI = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

Diagram illustrating the structural components and dimensions of a crane girder (슬래브 유착폭 Bc).

Dimensions and Labels:

- Top Flange:** 상부 플랜지 총폭 But (Total width of the top flange).
- Top Flange Widths:** U1, UL2, UR2, U1 (Widths of the top flange segments).
- Top Flange Thickness:** Tc (Top flange thickness).
- Top Flange Height:** Th (Top flange height).
- Web Height:** H (Total height of the web).
- Web Thickness:** Tw (Web thickness).
- Web Widths:** B1, B2, B1 (Widths of the web segments).
- Bottom Flange:** 하부 플랜지 총폭 Blt (Total width of the bottom flange).
- Web Lengths:** 7 - 150 x 14 (Length of the 7th web), 3 - 150 x 14 (Length of the 3rd web).
- Angles:** $\theta_L = 0.00$ (Left angle), $\theta_R = 0.00^\circ$ (Right angle).
- Labels:** Tu (Top flange), Tw (Web), Tl (Bottom flange).

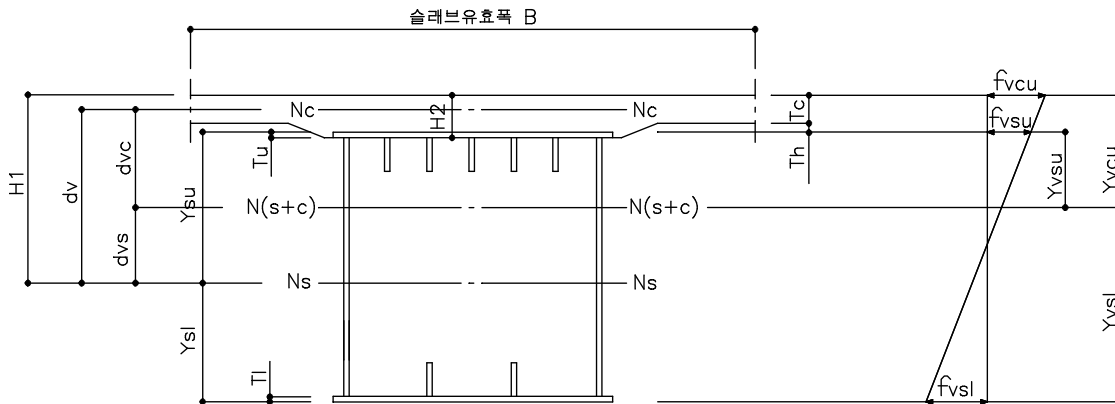
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 92.009 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -82.744 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 5.053 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 704.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.892 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.623 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.658 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -16.230 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.183 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.847 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.290 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.646 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -33.613 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.319 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.410 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1030848 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1030848 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 976185230 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.892 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.623 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.540 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.293 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.234 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.911 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.486 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.541 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 19.506 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 6.521 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.226 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.337 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 14.804 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 6.200 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) \quad 15.302 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

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	92.009	-82.744	177.975	190.000
1+2+3	2.738	1.913	10.800	10.800	106.313	-132.587	177.975	190.000
1+2+3+4	2.198	1.621	10.800	10.800	111.547	-130.675	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.713	0.079	10.800	10.800	131.053	-124.155	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.513	-1.257	2.174	2.174	145.857	-117.955	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.939	1.416	12.420	12.420	116.249	-130.355	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{131.053}{204.671} \right)^2 + \left(\frac{15.302}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.410 + 0.019 = 0.429 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-132.587}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{15.302}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.487 + 0.019 = 0.506 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/92.009)} = 1.437 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.141) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/145.857)} = 1.141 < 1.2 \Rightarrow 1.141$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.892 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.738 - 0.892 = 1.847 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.892 + 2.15 \times 1.847 + (-0.54) + (-1.486) + (1.226) \\ &= 4.330 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.892 + 2.15 \times 1.847 + (1.226) \\ &= 6.356 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 92.009 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.658 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 106.313 - 92.009 - 4.658 = 9.646 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (92.009 + 4.658) + 2.15 \times 9.646 + (5.234) + (19.506) + (14.804) \\ &= 185.950 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (92.009 + 4.658) + 2.15 \times 9.646 + (14.804) \\ &= 161.210 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -82.744 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -16.230 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -132.587 - (-82.744) - (-16.23) = -33.613 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-82.744 + -16.23) + 2.15 \times -33.613 + (1.911) + (6.521) + (-6.2) \\ &= -198.701 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-82.744 + -16.23) + 2.15 \times -33.613 + (-6.2) \\ &= -207.134 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 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

[illegible]

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 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	11255.350
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	2655.983
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	4954.948
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	532.656
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	122.496
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	414.311
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	130.541
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	44.790
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	781.614

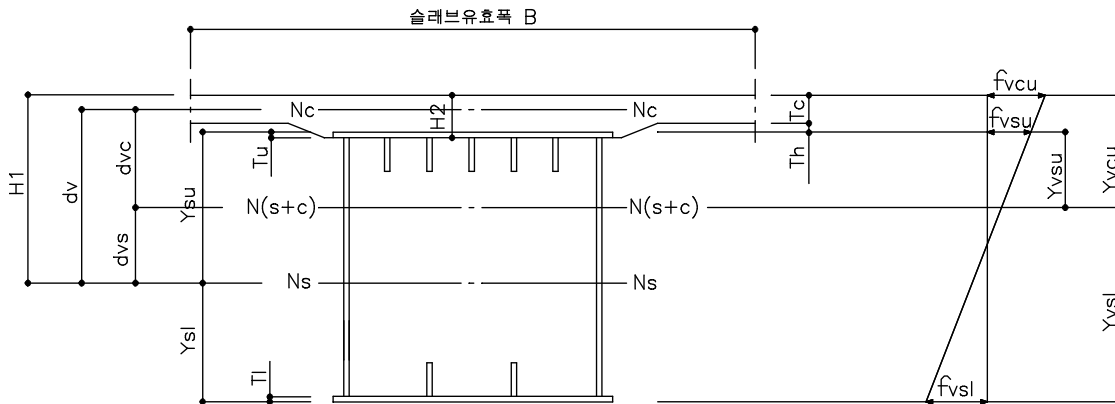
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27689139000.0 = 176805036000 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -10962000 / 162600 = -67.417 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 162600 \times -67.417^2 = 176066011129 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 12.0 - -67.417 = 1279.417 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1279.417 - 2430.000 = -1150.583 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6307980.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = 81.789 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -73.553 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 10.110 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 332740.6 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 886149089 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1442.4 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 704.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 737.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 829.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 579.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 541.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1888.1 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 349935543105 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6348792.5 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.787 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.550 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.113 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -14.331 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 2.421 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.469 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.026 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.673 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -26.735 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.323 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247670.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 947.0 \text{ mm} & K = 0.693 \\
ds1 &= dv - dc1 = 495.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1072.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 822.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 784.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1646.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 292709122641 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 910229 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 910229 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 861962178 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.787 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.550 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.421 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.216 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 5.275 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.316 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n2 = 219313.542 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1069.4 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 373.0 \text{ mm} \\
Y_{v2cu} &= d_{c2} + T_c/2 = 1194.4 \text{ mm} \\
Y_{v2cl} &= Y_{v2cu} - T_c = 944.4 \text{ mm} \\
Y_{v2su} &= Y_{v2cu} - H2 + T_u = 906.4 \text{ mm} \\
Y_{v2sl} &= Y_{v2su} - (H + T_u + T_l) = -1523.6 \text{ mm} \\
I_{v2} &= I_s + I_c/n2 + A_s \cdot d_{s2}^2 + A_c/n2 \cdot d_{c2}^2 = 263844362605.3 \text{ mm}^4 \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 3215658 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3438869897 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c2} &= E_s \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa} \\
f_{vcu2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cu}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.302 \text{ MPa} \\
f_{vcl2} &= 1/n2 \cdot (P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2cl}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = -1.396 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2su}/I_{v2} = 22.849 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P2/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{v2sl}/I_{v2} = 0.901 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4287544 \text{ N} \\
M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 3022136682 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{cut} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcu}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -0.973 \text{ MPa} \\
f_{clt} &= 1/n \cdot (P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vcl}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t = -1.160 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_v = 16.129 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P1/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_v = 1.585 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) 24.853 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

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

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

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

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 177.975 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	81.789	-73.553	177.975	190.000
1+2+3	2.256	1.576	10.800	10.800	93.574	-114.619	177.975	190.000
1+2+3+4	1.835	1.361	10.800	10.800	98.849	-114.303	204.671	190.000
1+2+3+4+5	0.533	-0.035	10.800	1.890	121.699	-113.402	204.671	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.439	-1.195	2.174	2.174	137.827	-111.817	231.368	218.500
1+2+3+4+5-6	1.506	1.124	12.420	12.420	105.570	-114.988	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{137.827}{231.368} \right)^2 + \left(\frac{24.853}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.355 + 0.051 = 0.406 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-114.619}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.853}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.364 + 0.051 = 0.415 < 1.2 \text{ O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

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

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

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

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

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

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

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/81.789)} = 1.524 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = bc / (220 \times 1.174) = 4.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/137.827)} = 1.174 < 1.2 \Rightarrow 1.174$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.787 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.256 - 0.787 = 1.469 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.787 + 2.15 \times 1.469 + (-0.421) + (-1.302) + (0.973) \\ = 3.431 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.787 + 2.15 \times 1.469 + (0.973) \\ = 5.154 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 81.789 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.113 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 93.574 - 81.789 - 4.113 = 7.673 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (81.789 + 4.113) + 2.15 \times 7.673 + (5.275) + (22.849) + (16.129) \\ = 172.422 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (81.789 + 4.113) + 2.15 \times 7.673 + (16.129) \\ = 144.297 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -73.553 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -14.331 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -114.619 - -73.553 - -14.331 = -26.735 \text{ MPa}$$

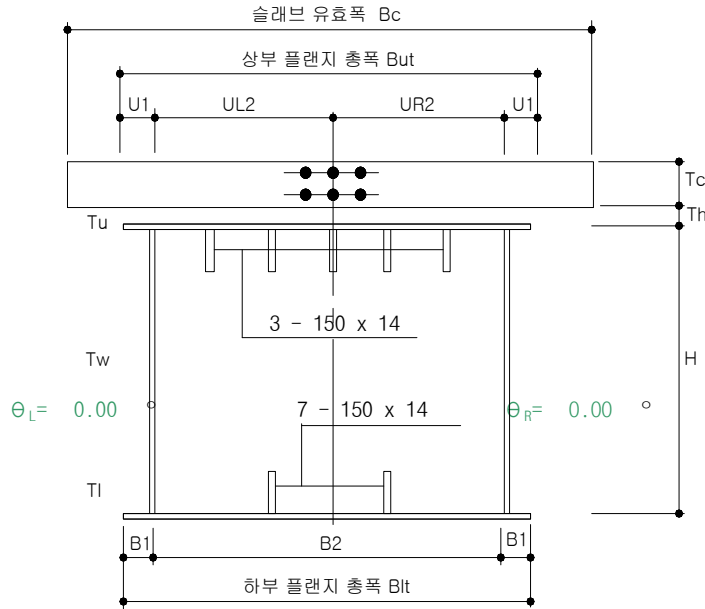
$$\Sigma f = 1.3 \times (-73.553 + -14.331) + 2.15 \times -26.735 + (0.316) + (0.901) + (-1.585) \\ = -172.098 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-73.553 + -14.331) + 2.15 \times -26.735 + (-1.585) \\ = -173.315 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 4 > : 절점 10 로 부터 이격 거리 3.117 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
 Bc = 4.792 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.024 m
 Tl = 0.024 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-11004.253
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2277.683
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5773.267
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1861.240
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	418.145
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	801.272
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	66.902
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	91.525
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	888.523
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

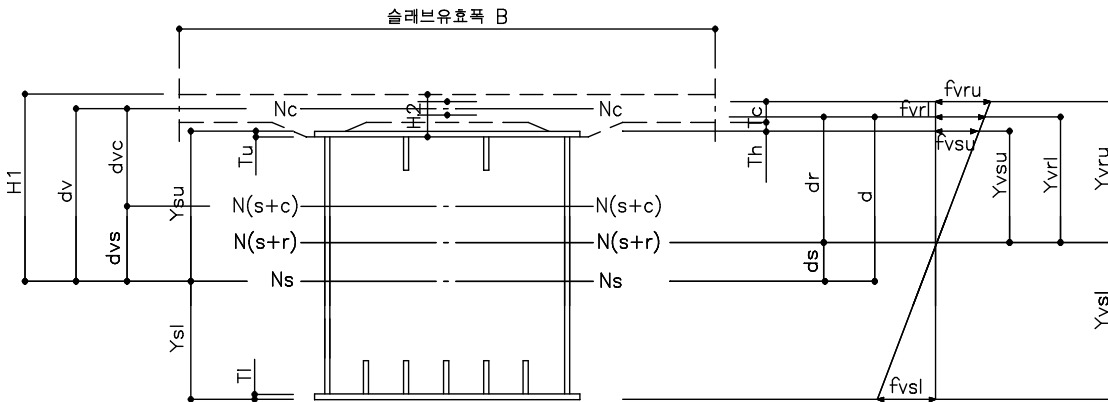
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26712000	38465280000	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929500	30869055000	-
RE-BAR 합계			37100		50641500	69334335000	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

$$* A_s = 197577 \text{ mm}^2, A_c = 1197995 \text{ mm}^2, A_r = 37100 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_{s'} = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = ##### + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{197577} = -47.829 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 197577 \times -47.829^2 = 228590416206 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.829 = 1271.829 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -61.225 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 56.620 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 32.753 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234677 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.476 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ds &= d - dr = 223.353 \text{ mm} \\
 Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.476 \text{ mm} \\
 Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.476 \text{ mm} \\
 Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.476 \text{ mm} \\
 Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.524 \text{ mm} \\
 Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290937958148 \text{ mm}^4 \\
 Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
 fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.899 \text{ MPa} \\
 fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.725 \text{ MPa} \\
 fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.208 \text{ MPa} \\
 fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 10.957 \text{ MPa} \\
 u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.858 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
 fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -25.092 \text{ MPa} \\
 fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -22.115 \text{ MPa} \\
 fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.806 \text{ MPa} \\
 fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.772 \text{ MPa} \\
 u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.721 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 Av_c &= As + Ac/n = 347326.762 \text{ mm}^2 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.379 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 613.450 \text{ mm} \\
 n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 Av1 &= As + Ac/n1 = 272452.100 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.811 \text{ mm} \quad K = ##### \\
 ds1 &= dv - dc1 = 391.019 \text{ mm} \\
 Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 401822903619.2 \text{ mm}^4 \\
 Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -687029 \text{ N} \\
 P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -687029 \text{ N} \\
 M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -708884343 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
 fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.441 \text{ MPa} \\
 fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.499 \text{ MPa} \\
 fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.524 \text{ MPa} \\
 fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.466 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247493.879 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.862 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 286.967 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3214788293 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 9.853 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 10.115 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.230 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.504 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3054339644 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.217 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.968 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 14.341 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.402 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 60.332 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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 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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-61.225	56.620	190.000	190.000
1+2+3	-34.991	-30.840	160.000	-90.239	95.349	190.000	190.000
1+2+3+4	-37.432	-33.339	160.000	-92.763	91.882	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-27.579	-23.224	160.000	-82.533	106.386	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-38.796	-34.193	184.000	-68.192	124.788	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-16.362	-12.256	184.000	-96.875	87.984	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-92.763}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{60.332}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.238 + 0.301 = 0.539 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{124.788}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{60.332}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.326 + 0.301 = 0.627 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/56.62)} = 1.832 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/124.788)} = 1.234 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -9.899 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -34.991 - 9.899 = -25.092 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.899 + 2.15 \times -25.092 + (-2.441) + (9.853) + (-11.217) \\ = -70.622 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.899 + 2.15 \times -25.092 + (-11.217) \\ = -78.034 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -61.225 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.208 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -90.239 - 61.225 - 8.208 = -20.806 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-61.225 + -8.208) + 2.15 \times -20.806 + (-2.524) + (10.23) + (-14.341) \\ = -141.631 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-61.225 + -8.208) + 2.15 \times -20.806 + (-14.341) \\ = -149.337 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.620 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 10.957 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 95.349 - 56.62 - 10.957 = 27.772 \text{ MPa}$$

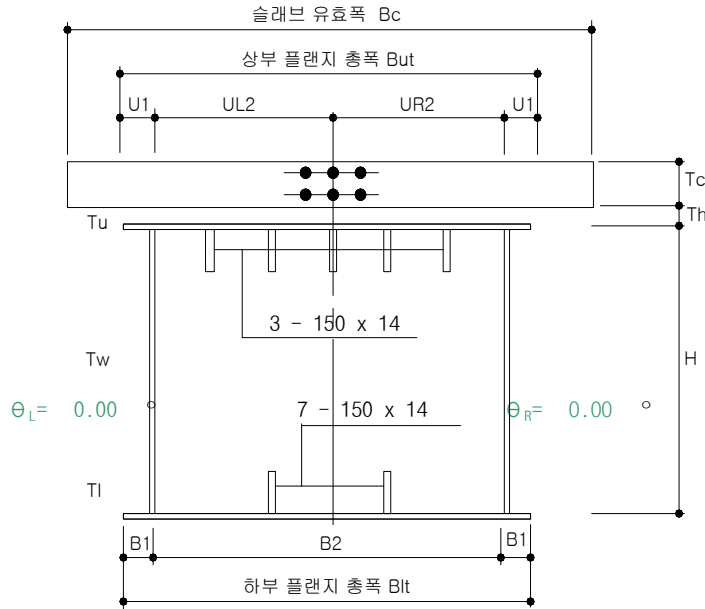
$$\Sigma f = 1.3 \times (56.62 + 10.957) + 2.15 \times 27.772 + (-3.466) + (14.504) + (18.402) \\ = 176.998 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.62 + 10.957) + 2.15 \times 27.772 + (18.402) \\ = 165.961 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 5 > : 절점 13 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
 Bc = 4.792 m
 UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
 B2 = 2.600 m
 But= 2.800 , Blt= 2.800 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.024 m
 Tl = 0.024 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-12517.274
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2635.867
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5709.659
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1575.594
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-350.989
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-813.543
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	87.784
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-85.693
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-782.015
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

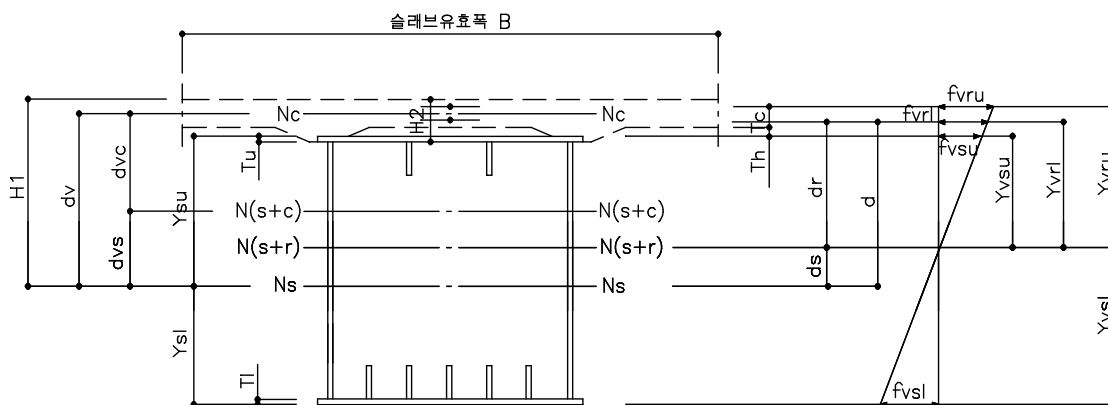
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26712000	38465280000	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929500	30869055000	-
RE-BAR 합계			37100		50641500	69334335000	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

$$* A_s = 197577 \text{ mm}^2, A_c = 1197995 \text{ mm}^2, A_r = 37100 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad -9450000 \quad / \quad 197577 \quad = \quad -47.829 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 197577 \times -47.829^2 = 228590416206 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.829 = 1271.829 \text{ mm}$$

$$Y_{SI} = Y_{SU} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -69.643 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 64.405 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 27.932 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234677 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm} \\
d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.476 \text{ mm} \\
d_s &= d - d_r = 223.353 \text{ mm} \\
Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1264.476 \text{ mm} \\
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1114.476 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1048.476 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1399.524 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 290937958148 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -11.456 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -10.097 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -9.499 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 12.680 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.654 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -24.815 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -21.872 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -20.576 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 27.466 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 19.237 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 347326.762 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 809.379 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 613.450 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 272452.100 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1031.811 \text{ mm} & K = ##### \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 391.019 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 401822903619.2 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -795070 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -795070 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -820362116 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.472 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.580 \text{ MPa} \\
f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.628 \text{ MPa} \\
f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -4.402 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247493.879 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.862 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 286.967 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3214788293 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.469 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.895 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.083 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.035 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3054339644 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.531 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.127 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.251 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.856 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\tau = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 52.668 \text{ MPa} < \tau_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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 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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-69.643	64.405	190.000	190.000
1+2+3	-36.271	-31.969	160.000	-99.719	104.551	190.000	190.000
1+2+3+4	-38.743	-34.549	160.000	-102.347	100.148	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-30.274	-25.654	160.000	-93.264	116.183	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.805	-37.780	184.000	-80.013	136.039	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-17.742	-13.527	184.000	-106.516	96.327	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-102.347}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{52.668}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.290 + 0.229 = 0.519 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{136.039}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{52.668}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.388 + 0.229 = 0.617 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/64.405)} = 1.718 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.182) = 9.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/136.039)} = 1.182 < 1.2 \Rightarrow 1.182$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -11.456 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -36.271 - 11.456 = -24.815 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.456 + 2.15 \times -24.815 + (-2.472) + (8.469) + (-12.531)$$

$$= -74.779 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.456 + 2.15 \times -24.815 + (-12.531)$$

$$= -80.777 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -69.643 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.499 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -99.719 - 69.643 - 9.499 = -20.577 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-69.643 + -9.499) + 2.15 \times -20.577 + (-2.628) + (9.083) + (-13.251)$$

$$= -153.922 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-69.643 + -9.499) + 2.15 \times -20.577 + (-13.251)$$

$$= -160.376 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 64.405 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 12.680 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 104.551 - 64.405 - 12.68 = 27.466 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.405 + 12.68) + 2.15 \times 27.466 + (-4.402) + (16.035) + (19.856)$$

$$= 190.751 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.405 + 12.68) + 2.15 \times 27.466 + (19.856)$$

$$= 179.118 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.798 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

The diagram illustrates the cross-section of a composite beam with the following components and dimensions:

- Upper Flange (상부 플랜지 총폭 But):** Total width of the upper flange.
- Reinforcement (Rebar):**
 - UR1, UR2:** Top reinforcement bars.
 - UL2:** Bottom reinforcement bar.
 - 3 - 150 x 14:** Three vertical reinforcement bars in the web.
 - 7 - 150 x 14:** Seven vertical reinforcement bars in the lower flange.
- Dimensions:**
 - Bc:** Width of the concrete slab.
 - Tu:** Thickness of the upper flange.
 - Tw:** Thickness of the web.
 - Th:** Thickness of the lower flange.
 - H:** Total height of the section.
 - B1:** Width of the lower flange.
 - B2:** Width of the web.
 - Blf:** Total width of the lower flange.
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$
 - $\theta_R = 0.00^\circ$

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	-7923.398
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-1674.924
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-5733.535
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1350.816
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	305.610
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	792.394
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-42.256
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	88.669
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	788.168
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

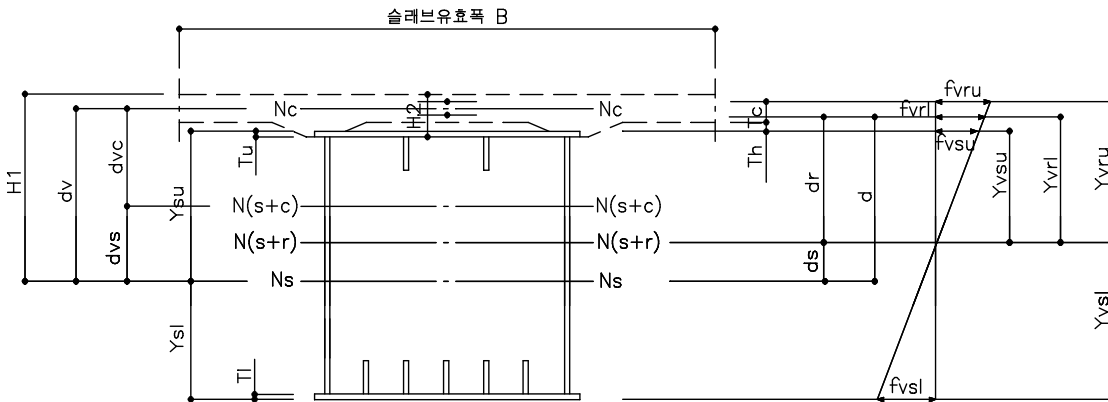
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	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) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{197722} = -47.794 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -44.042 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 40.732 \text{ MPa}$$

$$U = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 23.730 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm}$$

$$ds = d - dr = 223.443 \text{ mm}$$

$$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.351 \text{ mm}$$

$$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.351 \text{ mm}$$

$$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.351 \text{ mm}$$

$$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.649 \text{ mm}$$

$$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 291219478037 \text{ mm}^4$$

$$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2$$

$$fvru = Msc \cdot Yvru / Irv = -7.272 \text{ MPa}$$

$$fvrl = Msc \cdot Yvrl / Irv = -6.409 \text{ MPa}$$

$$fvsu = Msc \cdot Yvsu / Irv = -6.030 \text{ MPa}$$

$$fvsl = Msc \cdot Yvsl / Irv = 8.050 \text{ MPa}$$

$$u = Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.886 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$fvru = Mv \cdot Yvru / Irv = -24.893 \text{ MPa}$$

$$fvrl = Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.939 \text{ MPa}$$

$$fvsu = Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.640 \text{ MPa}$$

$$fvsl = Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.556 \text{ MPa}$$

$$u = Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 18.910 \text{ MPa}$$

(4) 크 리 이 프

$$Avc = As + Ac/n = 347660.237 \text{ mm}^2$$

$$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.173 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 613.621 \text{ mm}$$

$$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$Av1 = As + Ac/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.634 \text{ mm}$$

$$K = 0.026$$

$$ds1 = dv - dc1 = 391.160 \text{ mm}$$

$$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4$$

$$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -505244 \text{ N}$$

$$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -505244 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -521227264 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$fvru1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.210 \text{ MPa}$$

$$fvrl1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.203 \text{ MPa}$$

$$fvsu1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.200 \text{ MPa}$$

$$fvsl1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.086 \text{ MPa}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2833837 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3218424619 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 12.429 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.386 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.367 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.663 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3778450 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3057421021 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.767 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.808 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.374 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.706 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 47.970 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-44.042	40.732	190.000	190.000
1+2+3	-32.164	-28.348	160.000	-70.711	76.338	190.000	190.000
1+2+3+4	-34.374	-30.552	160.000	-72.911	74.252	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-21.945	-18.166	160.000	-60.545	85.916	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-30.713	-26.974	184.000	-44.171	101.621	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-13.178	-9.357	184.000	-76.918	70.210	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-72.911}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.970}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.147 + 0.190 = 0.337 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.621}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{47.970}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.216 + 0.190 = 0.406 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/40.732)} = 2.160 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/101.621)} = 1.367 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.272 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -32.164 - 7.272 = -24.893 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.272 + 2.15 \times -24.893 + (-2.21) + (12.429) + (-8.767) \\ = -61.521 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.272 + 2.15 \times -24.893 + (-8.767) \\ = -71.740 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -44.042 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.030 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -70.711 - 44.042 - 6.03 = -20.640 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.042 + -6.03) + 2.15 \times -20.64 + (-2.2) + (12.367) + (-16.374) \\ = -115.676 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.042 + -6.03) + 2.15 \times -20.64 + (-16.374) \\ = -125.843 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.732 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 8.050 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 76.338 - 40.732 - 8.05 = 27.556 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.732 + 8.05) + 2.15 \times 27.556 + (-2.086) + (11.663) + (15.706) \\ = 147.945 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.732 + 8.05) + 2.15 \times 27.556 + (15.706) \\ = 138.368 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.798 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

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	-7330.415
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-1546.903
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-5638.487
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1461.694
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-329.540
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-810.516
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-4.908
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-95.681
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-801.037
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

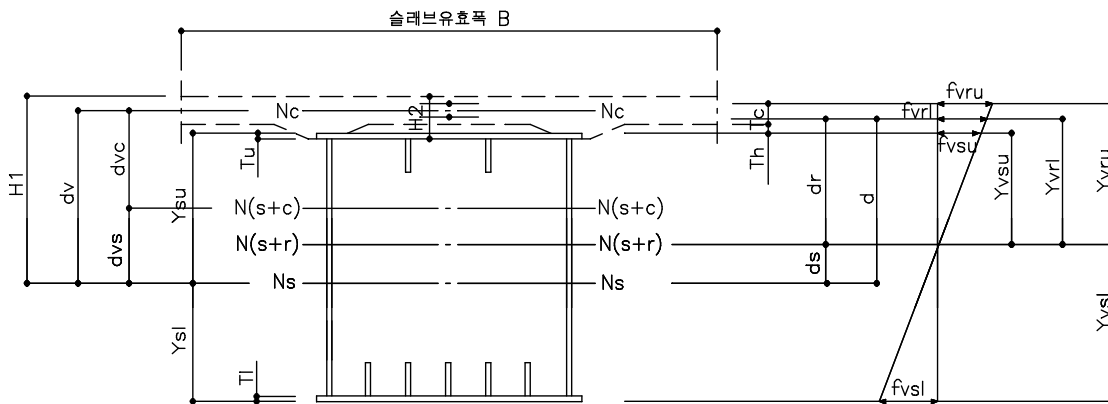
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -40.746 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 37.683 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.409 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$ds = d - dr = 223.443 \text{ mm}$$

$$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.351 \text{ mm}$$

$$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.351 \text{ mm}$$

$$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.351 \text{ mm}$$

$$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.649 \text{ mm}$$

$$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 291219478037 \text{ mm}^4$$

$$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2$$

$$fvru = Msc \cdot Yvru / Irv = -6.716 \text{ MPa}$$

$$fvrl = Msc \cdot Yvrl / Irv = -5.919 \text{ MPa}$$

$$fvsu = Msc \cdot Yvsu / Irv = -5.569 \text{ MPa}$$

$$fvsl = Msc \cdot Yvsl / Irv = 7.435 \text{ MPa}$$

$$u = Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.347 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

$$fvru = Mv \cdot Yvru / Irv = -24.480 \text{ MPa}$$

$$fvrl = Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.576 \text{ MPa}$$

$$fvsu = Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.298 \text{ MPa}$$

$$fvsl = Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.100 \text{ MPa}$$

$$u = Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.309 \text{ MPa}$$

(4) 크 리 이 프

$$Avc = As + Ac/n = 347660.237 \text{ mm}^2$$

$$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.173 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 613.621 \text{ mm}$$

$$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$Av1 = As + Ac/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.634 \text{ mm}$$

$$K = 0.063$$

$$ds1 = dv - dc1 = 391.160 \text{ mm}$$

$$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4$$

$$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -466626 \text{ N}$$

$$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -466626 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -481387823 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$fvru1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.118 \text{ MPa}$$

$$fvrl1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.103 \text{ MPa}$$

$$fvsu1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.096 \text{ MPa}$$

$$fvsl1 = P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -1.841 \text{ MPa}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2833837 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3218424619 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 12.946 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.842 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.796 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.091 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3778450 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3057421021 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.276 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.375 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.781 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.162 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\sigma = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 51.065 \text{ MPa} < \sigma_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-40.746	37.683	190.000	190.000
1+2+3	-31.196	-27.495	160.000	-66.612	72.218	190.000	190.000
1+2+3+4	-33.314	-29.598	160.000	-68.708	70.377	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-20.368	-16.756	160.000	-55.913	81.468	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-28.645	-25.132	184.000	-39.132	96.630	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-12.092	-8.381	184.000	-72.694	66.306	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-68.708}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.065}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.131 + 0.216 = 0.346 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{96.630}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{51.065}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.196 + 0.216 = 0.411 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/37.683)} = 2.245 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/96.63)} = 1.402 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -6.716 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -31.196 - 6.716 = -24.480 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -6.716 + 2.15 \times -24.48 + (-2.118) + (12.946) + (-8.276) \\ &= -58.811 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times -6.716 + 2.15 \times -24.48 + (-8.276) \\ &= -69.639 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -40.746 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -5.569 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -66.612 - 40.746 - 5.569 = -20.298 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-40.746 + -5.569) + 2.15 \times -20.298 + (-2.096) + (12.796) + (-16.781) \\ &= -109.930 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-40.746 + -5.569) + 2.15 \times -20.298 + (-16.781) \\ &= -120.630 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 37.683 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 7.435 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 72.218 - 37.683 - 7.435 = 27.100 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (37.683 + 7.435) + 2.15 \times 27.1 + (-1.841) + (11.091) + (15.162) \\ &= 141.330 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (37.683 + 7.435) + 2.15 \times 27.1 + (15.162) \\ &= 132.080 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시}) \end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.798 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

[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	-7324.418
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-1545.976
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-5636.942
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1461.066
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	329.453
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	810.770
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	5.924
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	95.791
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	795.686
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

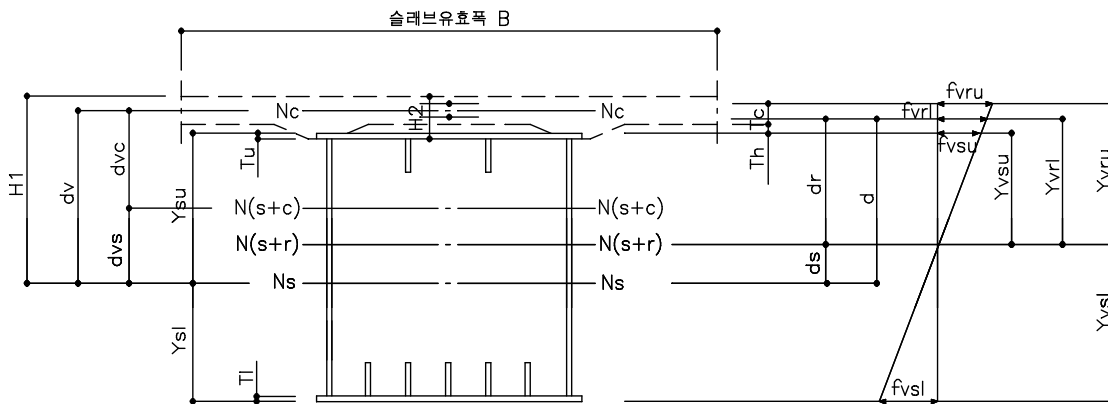
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2481.7	24.0	59561	1212.00	72187781	87491589966	2858922
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.00	0	0	13824000000
7 - LOWER RIB	14.0	150.0	14700	-1125.00	-16537500	18604687500	27562500
1 - LOWER FLANGE	2481.7	24.0	59561	-1212.00	-72187781	87491589966	2858922
강단면 합계			197722		-9450000	201561304932	27693092844
UPPER RE-BAR	-	-	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

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -40.713 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 37.653 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.405 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2 \\
 d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm} \\
 dr &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 223.443 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.351 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.351 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.351 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.649 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 291219478037 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -6.712 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -5.916 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -5.565 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 7.430 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.346 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -24.473 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.570 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.292 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.092 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.279 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 347660.237 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.173 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 613.621 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.634 \text{ mm} \quad K = 0.063 \\
ds1 &= dv - dc1 = 391.160 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -466347 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -466347 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -481099346 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.117 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.102 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.095 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -1.840 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2833837 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3218424619 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 12.946 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.842 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.796 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.091 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3778450 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3057421021 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.276 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.375 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.781 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.162 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 51.029 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \left(\frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right) \right\} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-40.713	37.653	190.000	190.000
1+2+3	-31.185	-27.485	160.000	-66.570	72.175	190.000	190.000
1+2+3+4	-33.302	-29.587	160.000	-68.665	70.335	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-20.356	-16.745	160.000	-55.869	81.426	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-28.633	-25.121	184.000	-39.088	96.588	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-12.080	-8.370	184.000	-72.650	66.264	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-68.665}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.029}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.131 + 0.215 = 0.346 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{96.588}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{51.029}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.195 + 0.215 = 0.411 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/37.653)} = 2.246 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/96.588)} = 1.403 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -6.712 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -31.185 - 6.712 = -24.473 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.712 + 2.15 \times -24.473 + (-2.117) + (12.946) + (-8.276) \\ = -58.790 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -6.712 + 2.15 \times -24.473 + (-8.276) \\ = -69.619 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -40.713 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -5.565 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -66.57 - 40.713 - 5.565 = -20.292 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.713 + -5.565) + 2.15 \times -20.292 + (-2.095) + (12.796) + (-16.781) \\ = -109.869 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-40.713 + -5.565) + 2.15 \times -20.292 + (-16.781) \\ = -120.570 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 37.653 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 7.430 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 72.175 - 37.653 - 7.43 = 27.092 \text{ MPa}$$

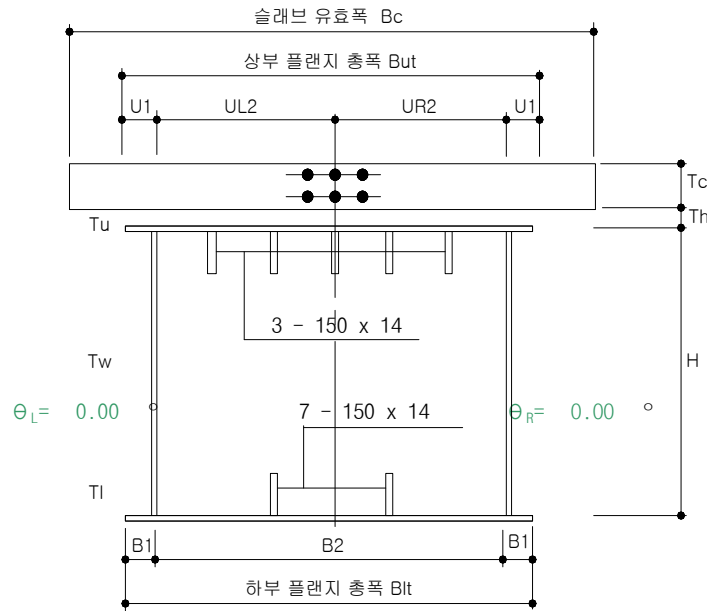
$$\Sigma f = 1.3 \times (37.653 + 7.43) + 2.15 \times 27.092 + (-1.84) + (11.091) + (15.162) \\ = 141.268 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (37.653 + 7.43) + 2.15 \times 27.092 + (15.162) \\ = 132.017 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 13 > : 절점 35 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
 Tl = 0.024 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	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	-7926.297
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1675.325
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5733.987
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1351.115
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-305.645
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-792.833
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	44.690
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-88.299
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-787.234
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

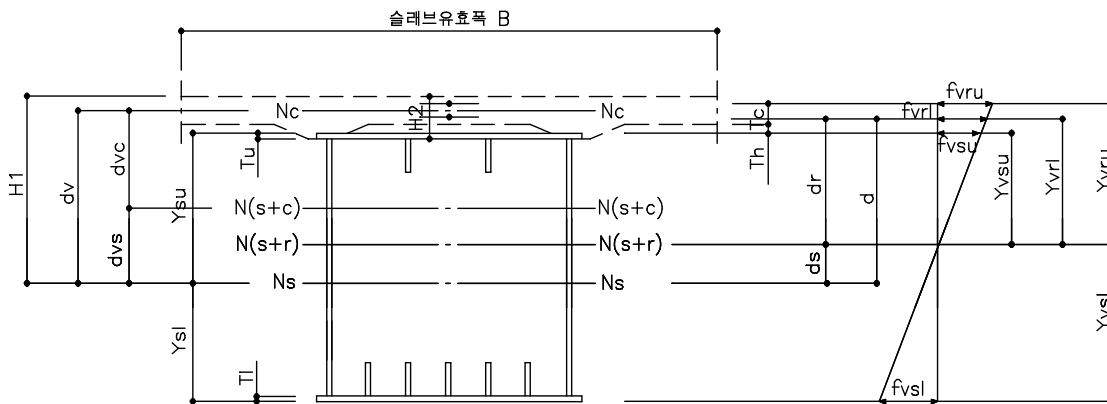
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	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

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27693092844 = 229254397776 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197722 = -47.794 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 197722 \times -47.794^2 = 228802740333 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.794 = 1271.794 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.794 - 2448.000 = -1176.206 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -44.058 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 40.747 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 23.751 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234868 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.794 \text{ mm}$$

$$dr = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.351 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 223.443 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.351 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.351 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.351 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.649 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 291219478037 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -7.274 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -6.411 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -6.031 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 8.052 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.884 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -24.895 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.941 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.642 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.558 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 18.912 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 347660.237 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.794 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.173 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 613.621 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 272690.993 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.634 \text{ mm} \quad K = 0.026 \\
ds1 &= dv - dc1 = 391.160 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 402205956634.1 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -505365 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -505365 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -521352053 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.211 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.204 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.200 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -2.087 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
 A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247701.246 \text{ mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.713 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 287.082 \text{ mm} \\
 P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2833837 \text{ N} \\
 M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3218424619 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 12.429 \text{ MPa} \\
 f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 12.386 \text{ MPa} \\
 f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 12.367 \text{ MPa} \\
 f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 11.663 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3778450 \text{ N} \\
 M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3057421021 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
 f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.767 \text{ MPa} \\
 f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.808 \text{ MPa} \\
 f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 16.374 \text{ MPa} \\
 f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.706 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\tau = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 47.958 \text{ MPa} < \tau_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-44.058	40.747	190.000	190.000
1+2+3	-32.168	-28.352	160.000	-70.731	76.357	190.000	190.000
1+2+3+4	-34.379	-30.555	160.000	-72.931	74.271	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-21.950	-18.169	160.000	-60.564	85.934	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-30.717	-26.978	184.000	-44.191	101.640	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-13.182	-9.361	184.000	-76.938	70.229	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-72.931}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.958}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.147 + 0.190 = 0.337 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.640}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{47.958}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.216 + 0.190 = 0.406 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/40.747)} = 2.159 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/101.64)} = 1.367 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -7.274 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -32.168 - 7.274 = -24.895 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.274 + 2.15 \times -24.895 + (-2.211) + (12.429) + (-8.767) \\ = -61.528 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -7.274 + 2.15 \times -24.895 + (-8.767) \\ = -71.746 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -44.058 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -6.031 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -70.731 - 44.058 - 6.031 = -20.642 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.058 + -6.031) + 2.15 \times -20.642 + (-2.2) + (12.367) + (-16.374) \\ = -115.703 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.058 + -6.031) + 2.15 \times -20.642 + (-16.374) \\ = -125.869 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.747 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 8.052 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 76.357 - 40.747 - 8.052 = 27.558 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.747 + 8.052) + 2.15 \times 27.558 + (-2.087) + (11.663) + (15.706) \\ = 147.971 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.747 + 8.052) + 2.15 \times 27.558 + (15.706) \\ = 138.394 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.400 m
Bc = 4.792 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

슬래브 유효폭 Bc

상부 플랜지 총폭 But

U1 UL2 UR2 U1

Tu

Tw

3 - 150 x 14

7 - 150 x 14

Tl

B1 B2 B1

하부 플랜지 총폭 Blt

Th

H

$\Theta_L = 0.00$

$\Theta_R = 0.00^\circ$

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	-12517.617
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-2635.866
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-5706.770
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1575.134
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	350.908
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	813.134
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-70.683
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	88.352
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	778.547
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

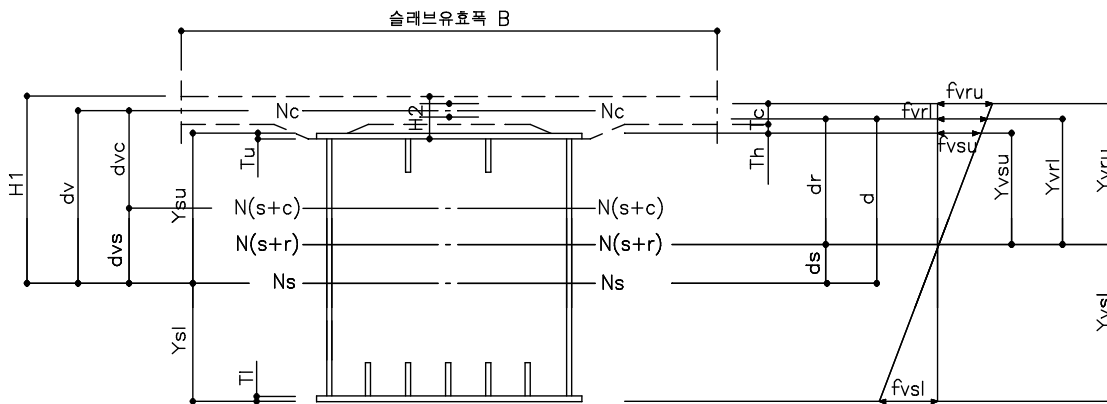
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26712000	38465280000	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929500	30869055000	-
RE-BAR 합계			37100		50641500	69334335000	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

* As = 197577 mm² , Ac = 1197995 mm² , Ar = 37100 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -9450000 / 197577 = -47.829 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 197577 \times -47.829^2 = 228590416206 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.829 = 1271.829 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -69.645 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 64.407 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 27.811 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234677 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.476 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ds &= d - dr = 223.353 \text{ mm} \\
 Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.476 \text{ mm} \\
 Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.476 \text{ mm} \\
 Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.476 \text{ mm} \\
 Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.524 \text{ mm} \\
 Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290937958148 \text{ mm}^4 \\
 Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
 fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -11.456 \text{ MPa} \\
 fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -10.097 \text{ MPa} \\
 fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -9.499 \text{ MPa} \\
 fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 12.680 \text{ MPa} \\
 u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 6.670 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
 fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -24.803 \text{ MPa} \\
 fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -21.861 \text{ MPa} \\
 fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.566 \text{ MPa} \\
 fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.452 \text{ MPa} \\
 u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.208 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 Avc &= As + Ac/n = 347326.762 \text{ mm}^2 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.379 \text{ mm} \\
 dvs &= dv - dvc = 613.450 \text{ mm} \\
 n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 Av1 &= As + Ac/n1 = 272452.100 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.811 \text{ mm} \quad K = ##### \\
 ds1 &= dv - dc1 = 391.019 \text{ mm} \\
 Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 401822903619.2 \text{ mm}^4 \\
 Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -795070 \text{ N} \\
 P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -795070 \text{ N} \\
 M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -820361805 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
 fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.472 \text{ MPa} \\
 fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.580 \text{ MPa} \\
 fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.628 \text{ MPa} \\
 fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -4.402 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247493.879 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.862 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 286.967 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3214788293 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.469 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 8.895 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.083 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.035 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3054339644 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.531 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.127 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.251 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.856 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\tau = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 52.758 \text{ MPa} < \tau_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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 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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-69.645	64.407	190.000	190.000
1+2+3	-36.259	-31.958	160.000	-99.710	104.538	190.000	190.000
1+2+3+4	-38.730	-34.538	160.000	-102.339	100.136	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-30.261	-25.643	160.000	-93.256	116.171	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-42.792	-37.769	184.000	-80.004	136.027	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-17.730	-13.516	184.000	-106.507	96.315	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-102.339}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{52.758}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.290 + 0.230 = 0.520 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{136.027}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{52.758}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.388 + 0.230 = 0.618 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/64.407)} = 1.718 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{\min} = b / (220 \times 1.182) = 9.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/136.027)} = 1.182 < 1.2 \Rightarrow 1.182$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -11.456 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -36.259 - 11.456 = -24.803 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.456 + 2.15 \times -24.803 + (-2.472) + (8.469) + (-12.531) \\ = -74.752 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.456 + 2.15 \times -24.803 + (-12.531) \\ = -80.750 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -69.645 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.499 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -99.71 - 69.645 - 9.499 = -20.566 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-69.645 + -9.499) + 2.15 \times -20.566 + (-2.628) + (9.083) + (-13.251) \\ = -153.902 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-69.645 + -9.499) + 2.15 \times -20.566 + (-13.251) \\ = -160.356 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 64.407 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 12.680 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 104.538 - 64.407 - 12.68 = 27.452 \text{ MPa}$$

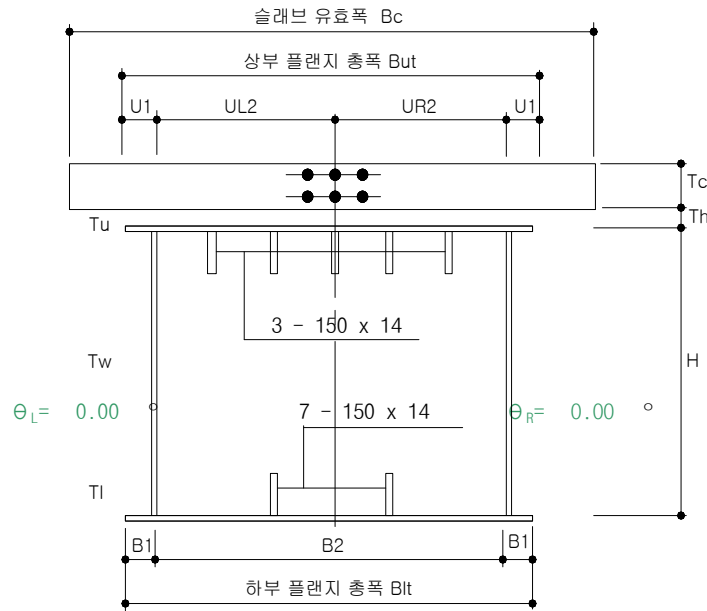
$$\Sigma f = 1.3 \times (64.407 + 12.68) + 2.15 \times 27.452 + (-4.402) + (16.035) + (19.856) \\ = 190.723 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (64.407 + 12.68) + 2.15 \times 27.452 + (19.856) \\ = 179.090 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

< S P L I C E - 17 > : 절점 46 로 부터 이격 거리 1.870 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
Bc = 4.792 m
UL2= 1.300 , UR2= 1.300 m
B2 = 2.600 m
But= 2.800 , Blt= 2.800 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.479 , Ble= 2.479 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.024 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-10998.152
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2276.626
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5768.529
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1860.020
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-417.951
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-800.262
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-84.122
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-94.157
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-894.669
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

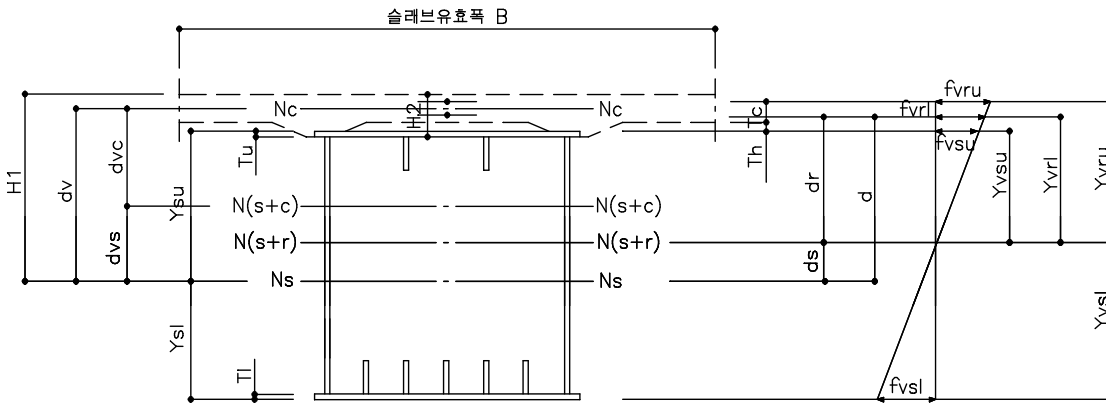
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2478.7	24.0	59489	1212.00	72100327	87385596314	2855458
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	2478.7	24.0	59489	-1212.00	-72100327	87385596314	2855458
강단면 합계			197577		-9450000	201349317628	27693085917
UPPER RE-BAR	-	-	18550	1440.00	26712000	38465280000	-
LOWER RE-BAR	-	-	18550	1290.00	23929500	30869055000	-
RE-BAR 합계			37100		50641500	69334335000	-
1 - RC SLAB	4792.0	250.0	1197995	1375.00	1647242576	2264958542516	6239555214

$$* A_s = 197577 \text{ mm}^2, A_c = 1197995 \text{ mm}^2, A_r = 37100 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27693085917 = 229042403545 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-9450000}{197577} = -47.829 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 197577 \times -47.829^2 = 228590416206 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 24.0 - -47.829 = 1271.829 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1271.829 - 2448.000 = -1176.171 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6331488.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -61.191 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 56.589 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 32.846 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 234677 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1412.829 \text{ mm}$$

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1189.476 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ds &= d - dr = 223.353 \text{ mm} \\
Yvru &= dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1264.476 \text{ mm} \\
Yvrl &= dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1114.476 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvrl - tcl - Th + Tu = 1048.476 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1399.524 \text{ mm} \\
Irv &= Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 = 290937958148 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6372300.5 \text{ mm}^2 \\
fvr_u &= Msc \cdot Yvru / Irv = -9.895 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Msc \cdot Yvrl / Irv = -8.721 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Msc \cdot Yvsu / Irv = -8.204 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Msc \cdot Yvsl / Irv = 10.951 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.872 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvr_u &= Mv \cdot Yvru / Irv = -25.071 \text{ MPa} \\
fvr_l &= Mv \cdot Yvrl / Irv = -22.097 \text{ MPa} \\
fvs_u &= Mv \cdot Yvsu / Irv = -20.789 \text{ MPa} \\
fvs_l &= Mv \cdot Yvsl / Irv = 27.749 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.743 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
Av_c &= As + Ac/n = 347326.762 \text{ mm}^2 \\
dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1422.829 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 809.379 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 613.450 \text{ mm} \\
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 272452.100 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 1031.811 \text{ mm} \quad K = ##### \\
ds1 &= dv - dc1 = 391.019 \text{ mm} \\
Icv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 401822903619.2 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Icv) = -686711 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -686711 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -708555372 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvr_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.440 \text{ MPa} \\
fvr_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.497 \text{ MPa} \\
fvs_u1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -2.523 \text{ MPa} \\
fvs_l1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -3.465 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$\begin{aligned}
A_{v2} &= A_s + A_c/n_2 = 247493.879 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1135.862 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 286.967 \text{ mm} \\
P_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2830262 \text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \cdot d_{c2} = 3214788293 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
f_{vru2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 9.853 \text{ MPa} \\
f_{vrl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 10.115 \text{ MPa} \\
f_{vsu2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 10.230 \text{ MPa} \\
f_{vsl2} &= P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.504 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P_1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3773683 \text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \cdot d_{vc} = 3054339644 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa} \\
f_{rut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.217 \text{ MPa} \\
f_{rlt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.968 \text{ MPa} \\
f_{sut} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 14.341 \text{ MPa} \\
f_{slt} &= P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 18.402 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$\tau = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 60.461 \text{ MPa} < \tau_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{48 \times 1.000 \times 8} = 6.771 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 230.788$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2600}{80 \times 1.000 \times 8} = 4.063 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1199.716 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 24.0 \text{ mm}$$

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

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-61.191	56.589	190.000	190.000
1+2+3	-34.966	-30.818	160.000	-90.184	95.289	190.000	190.000
1+2+3+4	-37.406	-33.315	160.000	-92.707	91.825	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-27.553	-23.201	160.000	-82.477	106.328	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-38.770	-34.169	184.000	-68.136	124.730	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-16.336	-12.233	184.000	-96.819	87.926	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-92.707}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{60.461}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.238 + 0.302 = 0.540 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{124.730}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{60.461}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.326 + 0.302 = 0.628 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.589)} = 1.832 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/124.73)} = 1.234 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -9.895 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -34.966 - 9.895 = -25.071 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.895 + 2.15 \times -25.071 + (-2.44) + (9.853) + (-11.217) \\ = -70.570 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -9.895 + 2.15 \times -25.071 + (-11.217) \\ = -77.983 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -61.191 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.204 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -90.184 - 61.191 - 8.204 = -20.789 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-61.191 + -8.204) + 2.15 \times -20.789 + (-2.523) + (10.23) + (-14.341) \\ = -141.544 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-61.191 + -8.204) + 2.15 \times -20.789 + (-14.341) \\ = -149.251 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.589 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 10.951 \text{ MPa}$$

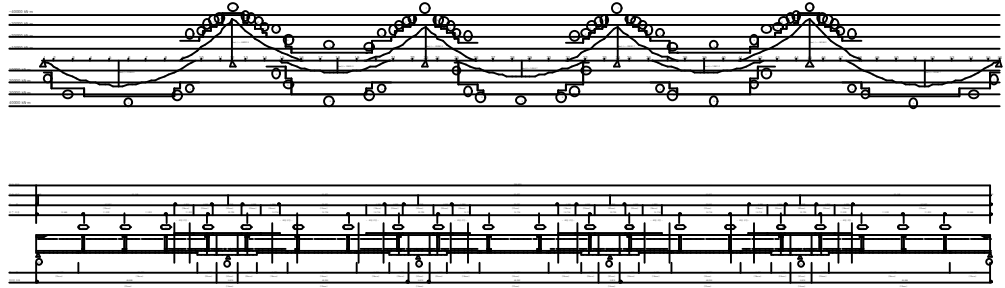
$$\text{합성후 활하중 응력} = 95.289 - 56.589 - 10.951 = 27.749 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.589 + 10.951) + 2.15 \times 27.749 + (-3.465) + (14.504) + (18.402) \\ = 176.903 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

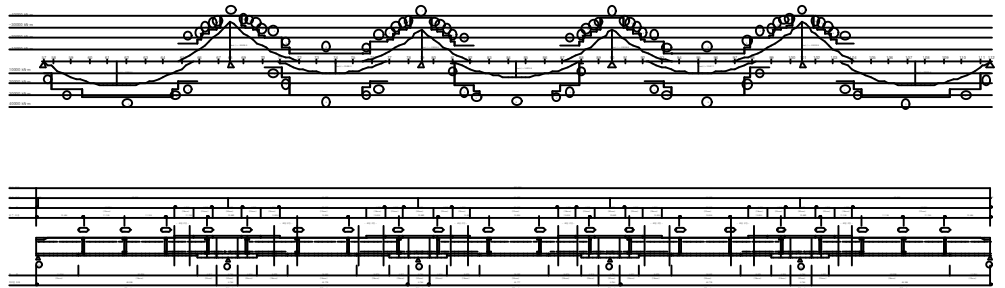
$$\Sigma f = 1.3 \times (56.589 + 10.951) + 2.15 \times 27.749 + (18.402) \\ = 165.864 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

4.7 단면 요약도

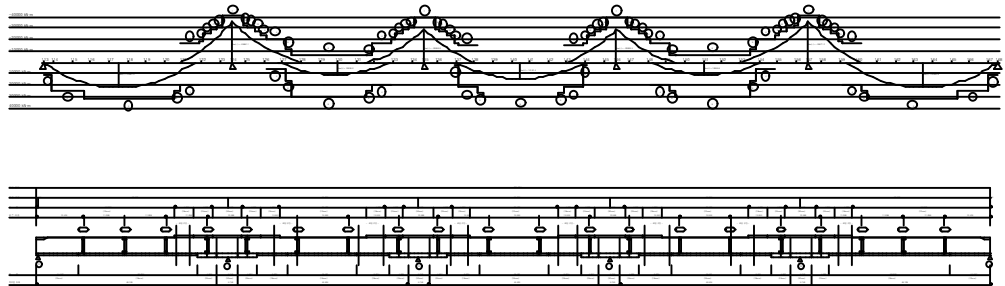
< 거더 1 >



< 거더 2 >



< 거더 3 >



5.이음부의 설계

5.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 1 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 11257.900 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7608.690 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 532.464 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 536.756 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 959.039 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 137.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -114.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

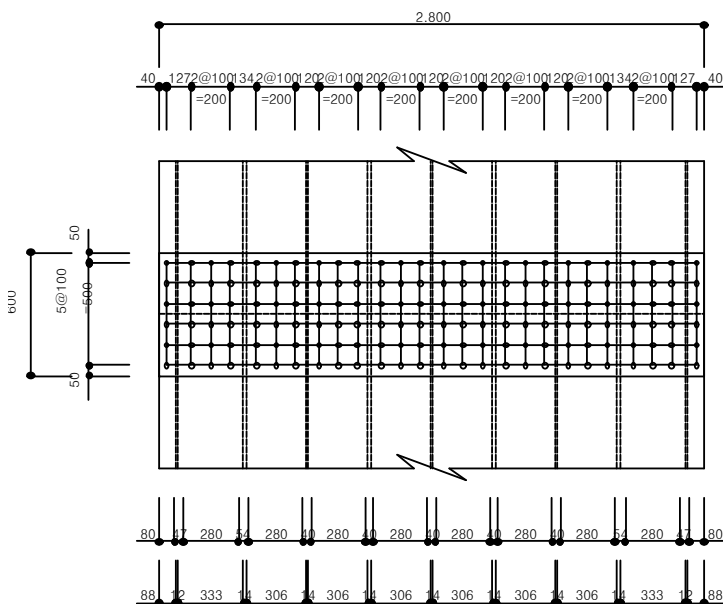
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 137.9 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$p_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$p_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.325\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.368\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5636 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(532.46 kN) , S_v : 합성후 전단력(536.76 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 : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

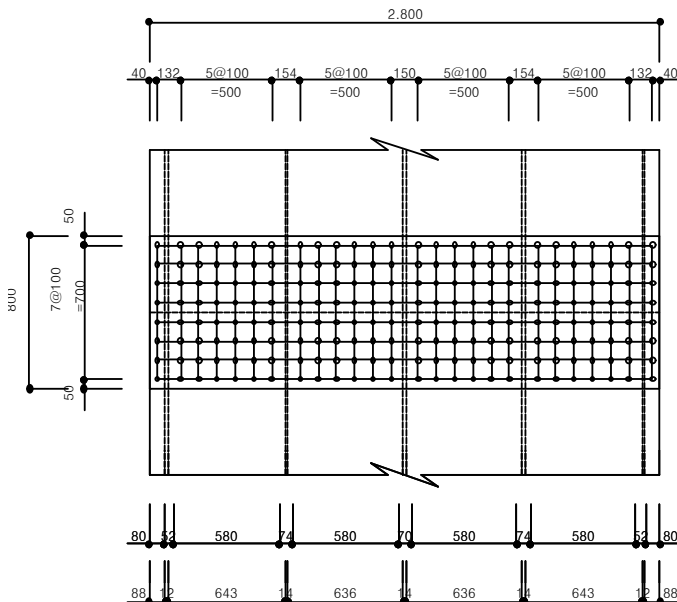
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 5636.4^2)} = 61642.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 114.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께 : $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이 : $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA} \\ = 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{\text{req'd}} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n} \\ = \left[\frac{5.325E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{5.368E+05 \times 9.471E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8596 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(532.464 kN) , S_v : 합성후 전단력(536.756 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

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 8595.8^2)} = 69590.7 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

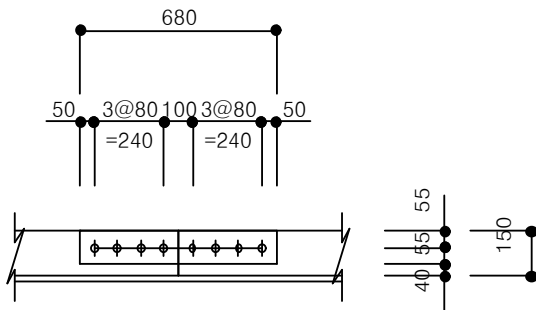
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적} \quad A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} : 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

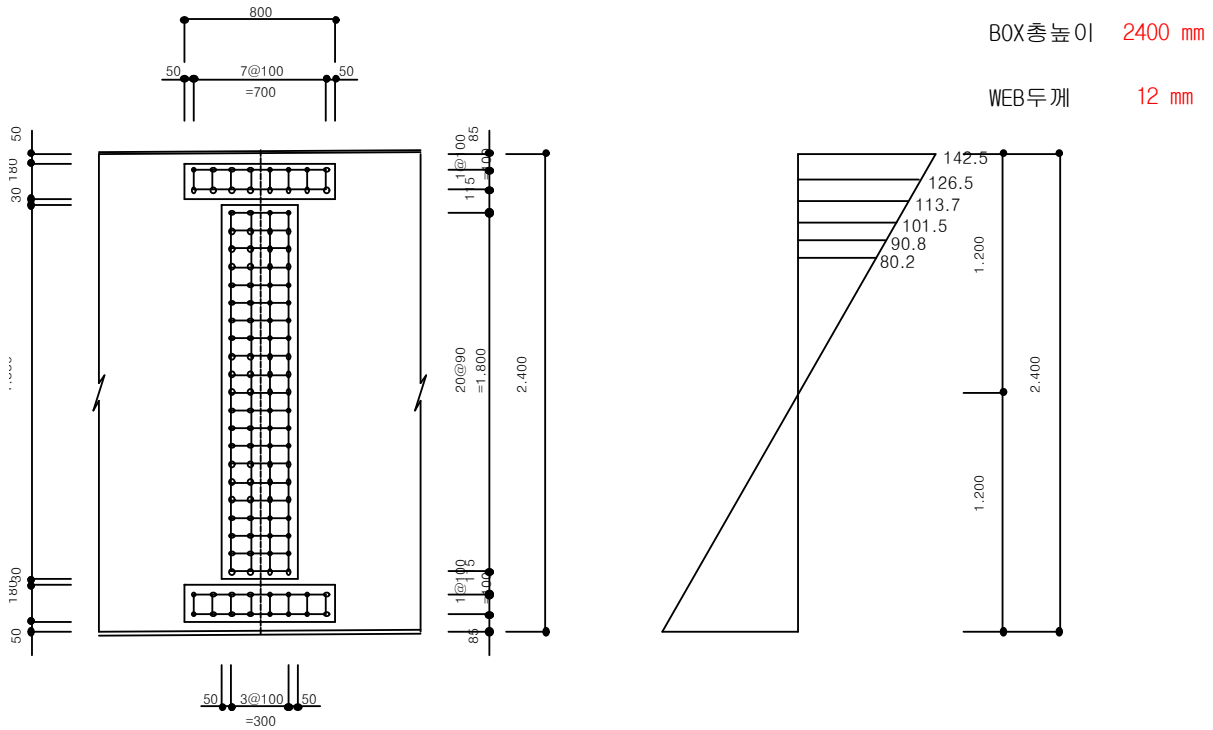
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1069.2 \times 1000}{2} + \frac{959.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 12382.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 12382.6^2} = 67332.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 11257.9 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 888.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 7608.7 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 597.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 11257.9 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 7608.7 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.76066E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.49936E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 541.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1888.1 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{888.423 \times 1E+06}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{597.103 \times 1E+06}{40398009055} \times 541.864 \\ &= 58.915 + 8.009 = 66.924 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{888.423 \times 1E+06}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{597.103 \times 1E+06}{40398009055} \times 1888.136 \\ &= 52.982 + 27.908 = 80.890 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

2) SPLICE - 2 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 12662.700 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 9235.860 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 278.546$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 422.352$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 475.654 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 131.1 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -132.6$ MPa

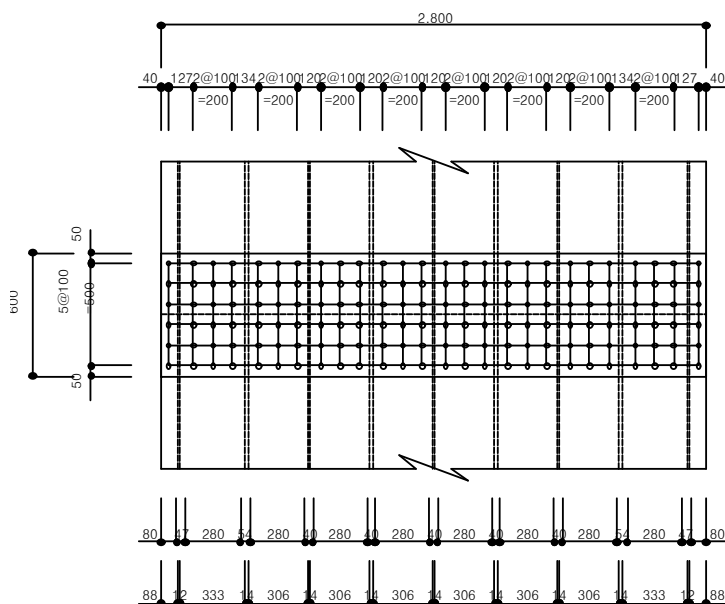
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 131.1 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.785\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{4.224\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3210 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(278.55 kN) , S_v : 합성후 전단력(422.35 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

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

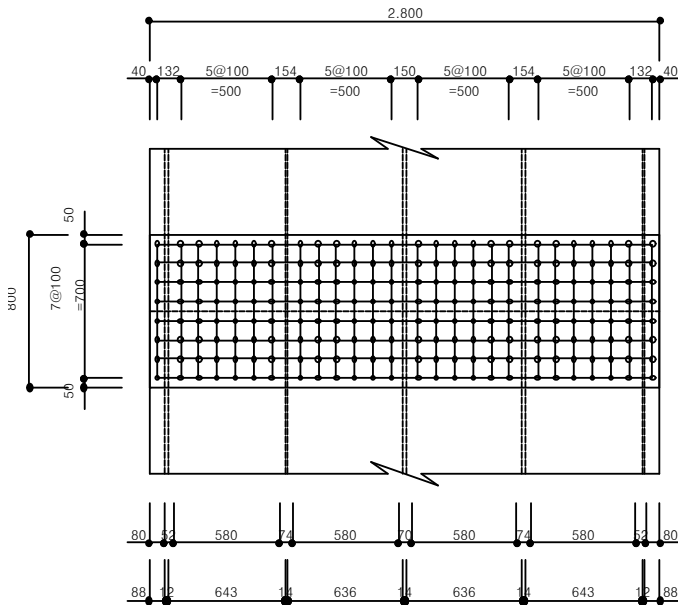
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 3210.0^2)} = 61468.5 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 132.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.785E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{4.224E+05 \times 9.471E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 5528 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(278.546 kN) , S_v : 합성후 전단력(422.352 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

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 5528.2^2)} = 69278.7 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

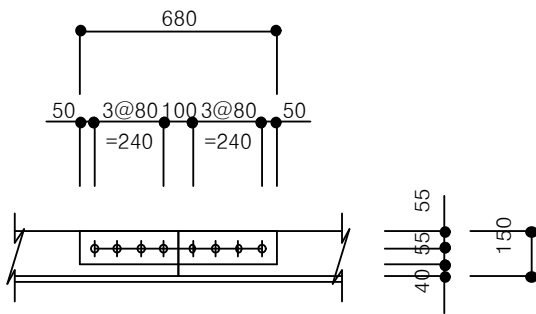
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

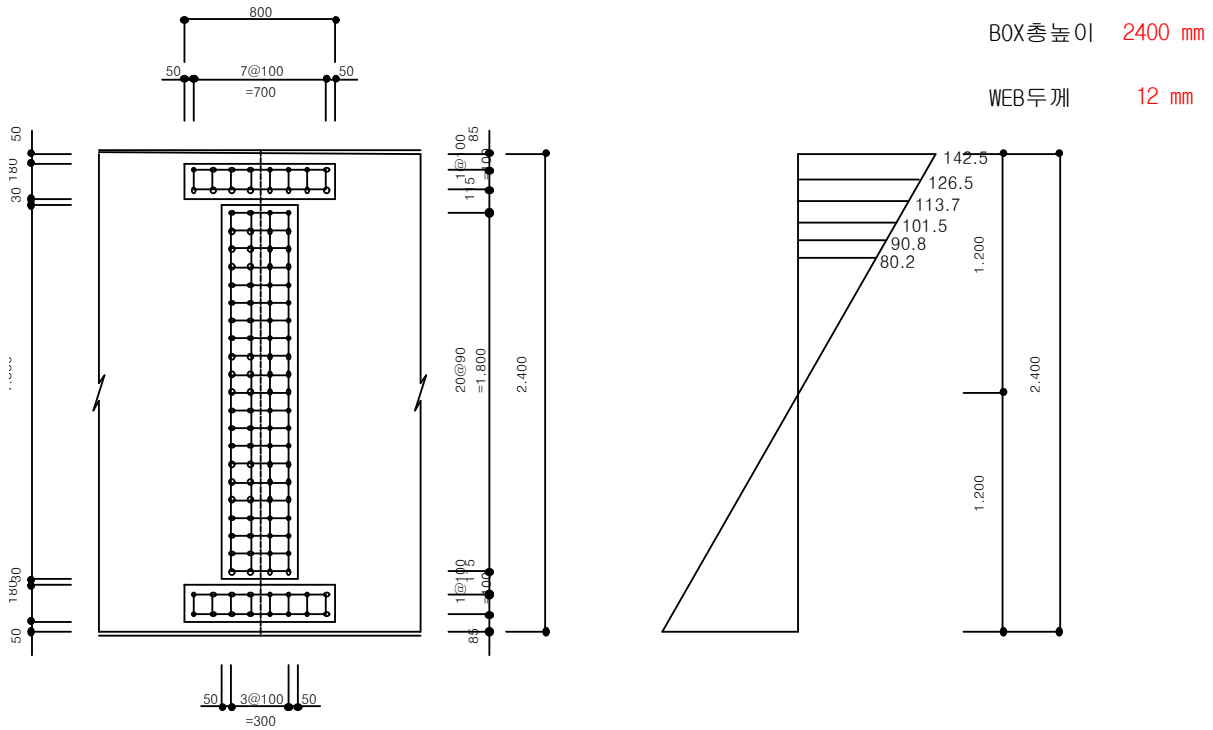
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 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

$$\rho_s = \left[\frac{700.9 \times 1000}{2} + \frac{475.7 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 7612.1 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 7612.1^2} = 66620.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12662.7 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 999.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 9235.9 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 724.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 12662.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 9235.9 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = \text{#####} + 8089920000 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{999.283 \times 1E+06}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{724.797 \times 1E+06}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 66.267 + 9.722 = 75.989 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{999.283 \times 1E+06}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{724.797 \times 1E+06}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 59.594 + 33.876 = 93.470 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

3) SPLICE - 3 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5311.610 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6443.730 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1051.880 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 766.446$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 899.956 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 80.2 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -69.5$ MPa

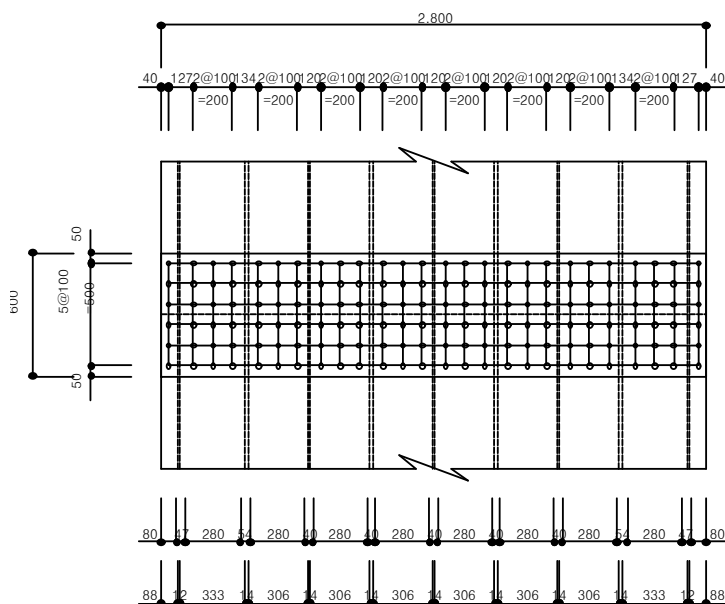
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 80.2 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.052\text{E}+06 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{7.664\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 10592 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1051.88 kN) , S_v : 합성후 전단력(766.45 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

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

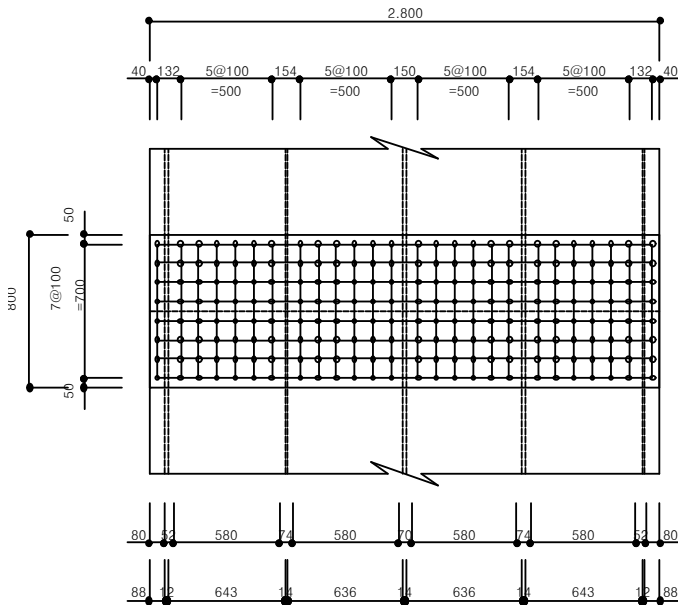
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 10591.9^2)} = 62291.7 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 69.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.052E+06 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{7.664E+05 \times 9.471E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 14839 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1051.880 kN) , S_v : 합성후 전단력(766.446 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

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 14839.3^2)} = 70634.1 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

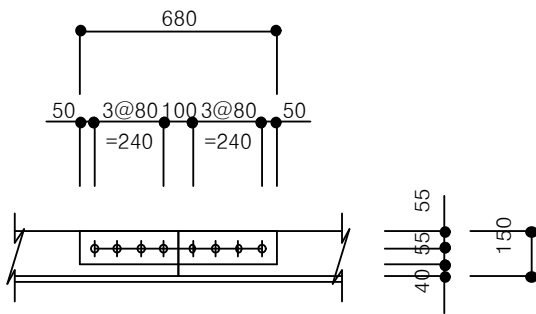
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

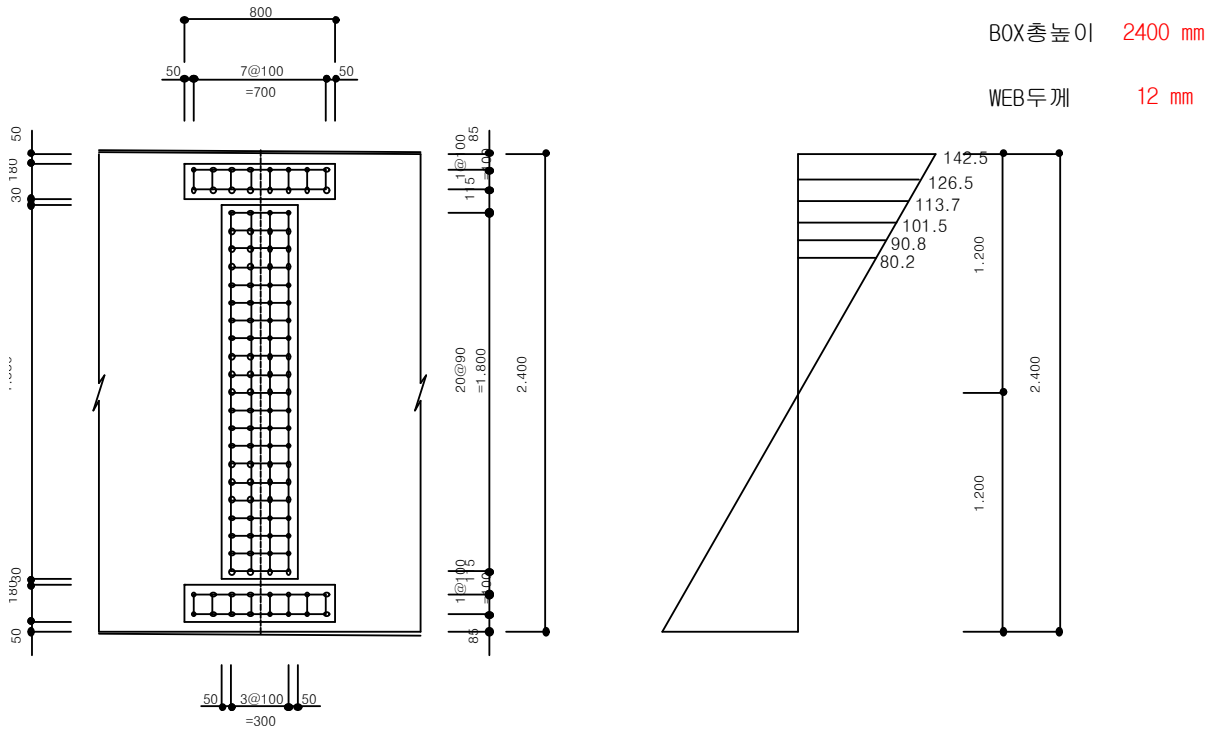
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h/t)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1818.3 \times 1000}{2} + \frac{900.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 18645.5 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 18645.5^2} = 68760.8 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5311.6 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 419.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6443.7 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 505.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 5311.6 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 6443.7 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = \text{#####} + 8089920000 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{419.168 \times 1E+06}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{505.681 \times 1E+06}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 27.797 + 6.783 = 34.580 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{419.168 \times 1E+06}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{505.681 \times 1E+06}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 24.998 + 23.635 = 48.632 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

4) SPLICE - 4 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -11004.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8050.950 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1861.240 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1219.420 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1046.950 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -92.8 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 124.8 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

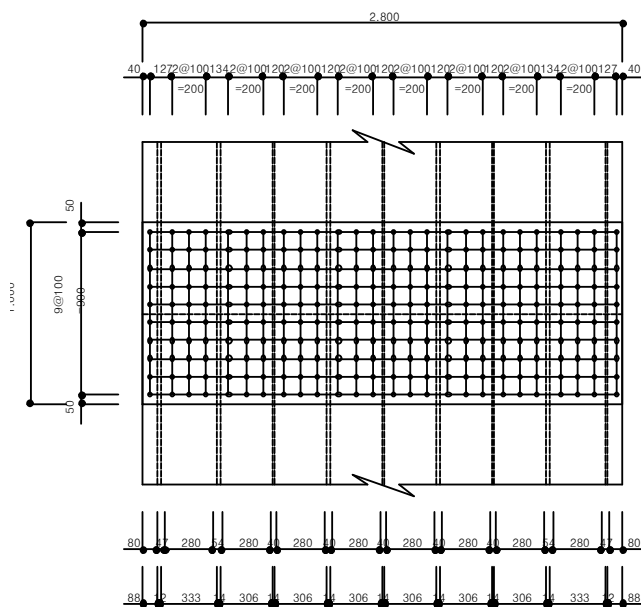
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 124.8 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.861\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.219\text{E}+06 \times 9.324\text{E}+07}{2.90937\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 22137 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1861.24 kN) , S_v : 합성후 전단력(1219.42 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.52 - 12.0) = 93241344 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

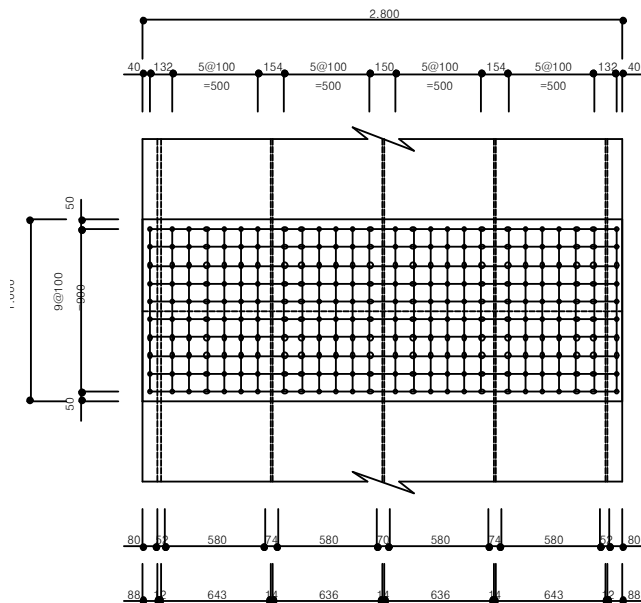
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 22137.1^2)} = 76916.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 92.8 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.861\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.219\text{E}+06 \times 6.965\text{E}+07}{2.90937\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21135 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1861.240 kN) , S_v : 합성후 전단력(1219.420 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.48 - 12.0) = 69651456 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 21134.9^2)} = 76633.6 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

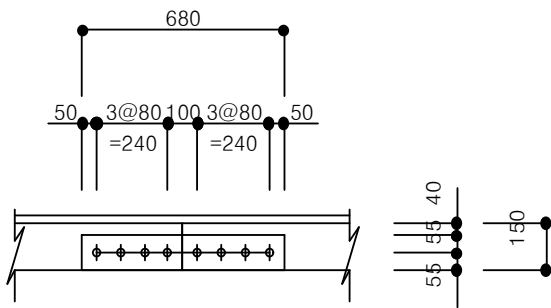
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

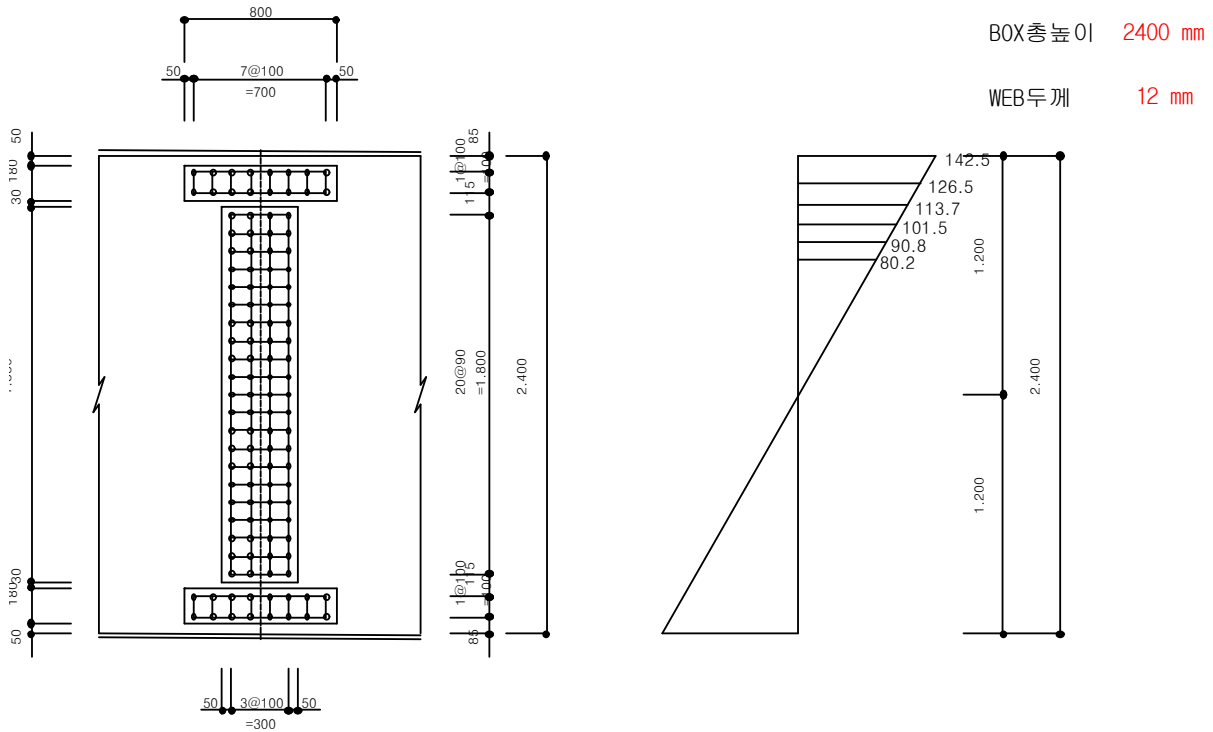
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3080.7 \times 1000}{2} + \frac{1047.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 30012.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 30012.8^2} = 72671.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 11004.3 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 666.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 8051.0 \times \frac{1.49705E+10}{2.90937E+11} = 414.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 11004.3 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 8051.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 2.90937E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = \text{#####} + 8089920000 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1399.52 - 1200.00)^2 = 2.09672E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$Y_{vu} = 1048.5 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.5 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{666.272 \times 1E+06}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{414.270 \times 1E+06}{20967222055} \times 1048.480 \\
 &= 44.113 + 20.716 = 64.829 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{666.272 \times 1E+06}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{414.270 \times 1E+06}{20967222055} \times 1399.520 \\
 &= 40.795 + 27.652 = 68.447 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

5) SPLICE - 5 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -12517.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8345.530 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1575.590$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 1164.530$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 779.924 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = -102.3 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = 136.0$ MPa

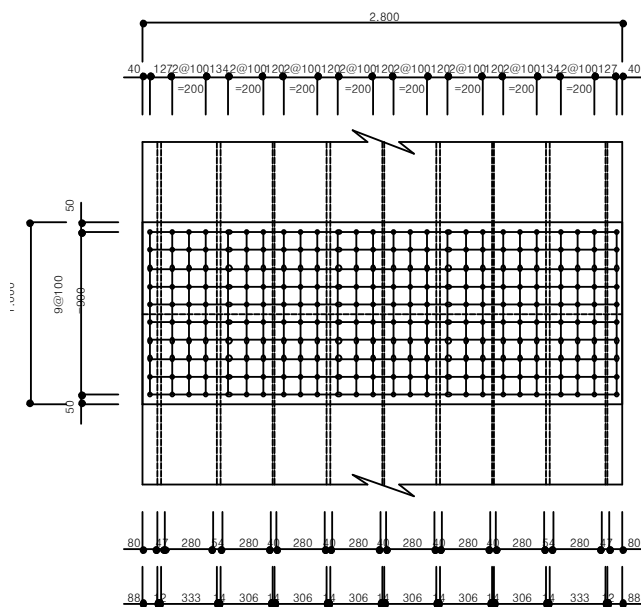
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

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

$$f_s = 136.0 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24$ 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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.576\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.165\text{E}+06 \times 9.324\text{E}+07}{2.90937\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19653 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (1575.59 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1164.53 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.52 - 12.0) = 93241344 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

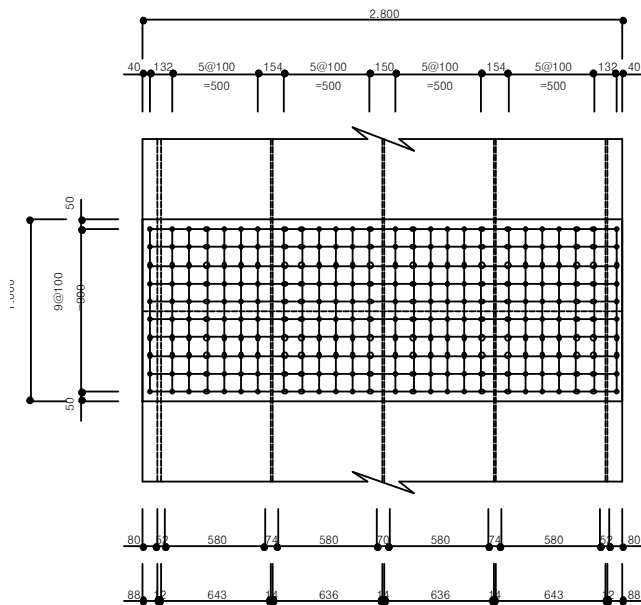
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 19652.6^2)} = 76238.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 102.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.576E+06 \times 8.466E+07}{2.28590E+11} + \frac{1.165E+06 \times 6.965E+07}{2.90937E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18573 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1575.590 kN) , S_v : 합성후 전단력(1164.530 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.48 - 12.0) = 69651456 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 18573.2^2)} = 75967.1 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

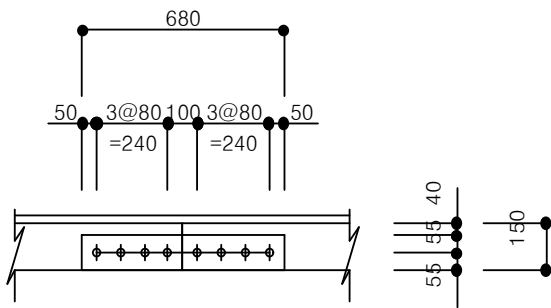
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

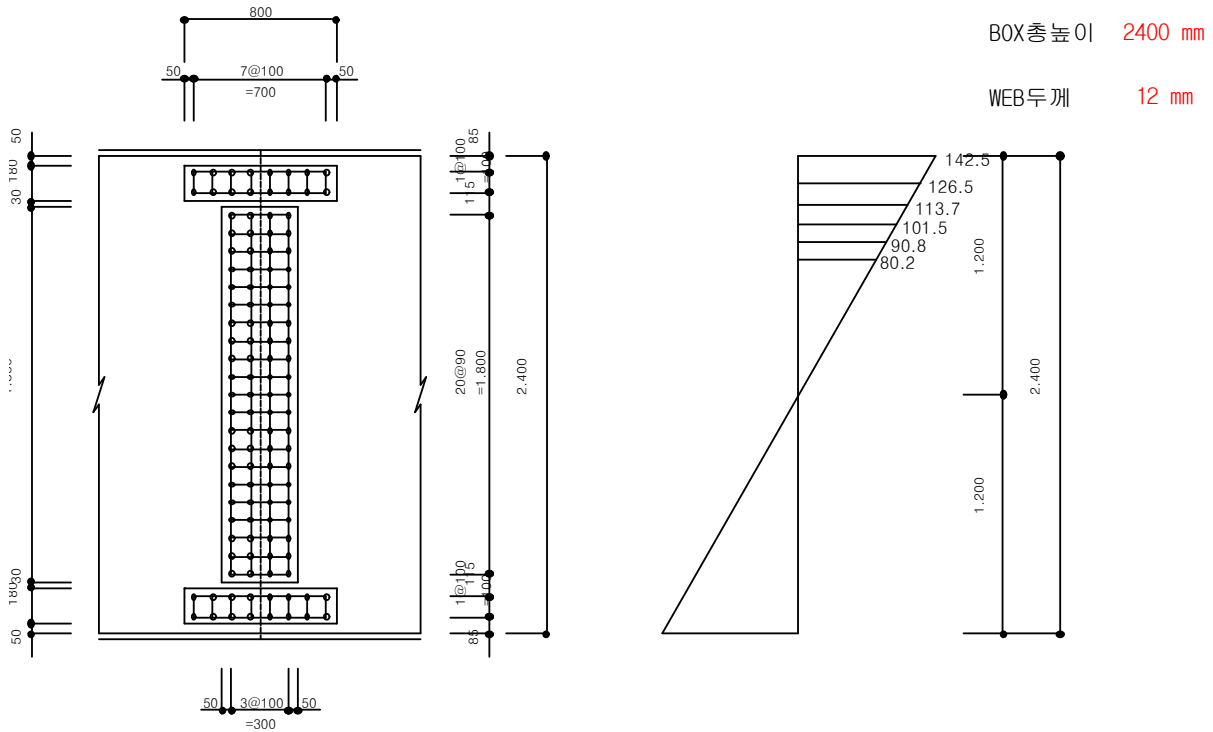
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2740.1 \times 1000}{2} + \frac{779.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 26195.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 26195.8^2} = 71180.1 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12517.3 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 757.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8345.5 \times \frac{1.49705E+10}{2.90937E+11} = 429.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 12517.3 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 8345.5 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.28590E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 2.90937E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.52 - 1200.00)^2 = 2.09672E+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.5 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.5 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{757.879 \times 1E+06}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{429.428 \times 1E+06}{20967222055} \times 1048.480 \\
 &= 50.179 + 21.474 = 71.652 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{757.879 \times 1E+06}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{429.428 \times 1E+06}{20967222055} \times 1399.520 \\
 &= 46.404 + 28.663 = 75.068 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

6) SPLICE - 6 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 2281.710 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5085.560 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 569.733 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 631.879 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 565.743 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 51.0 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -45.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

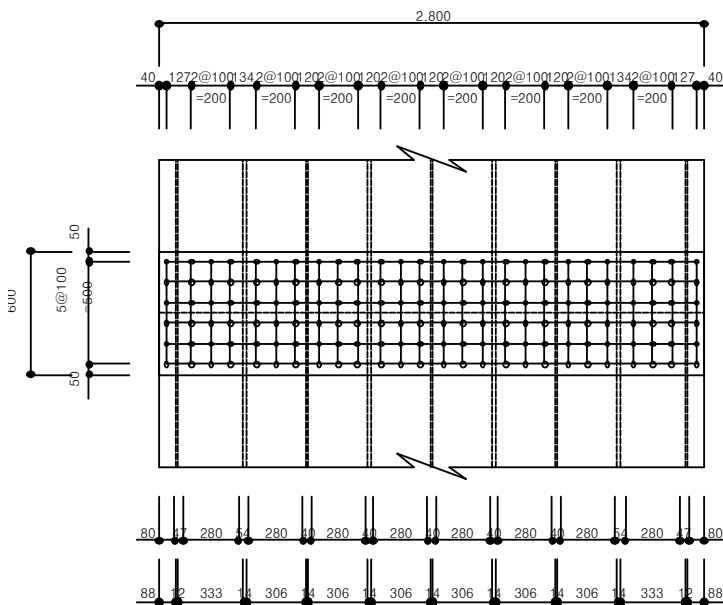
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 51.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.697\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.319\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.29651\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6193 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (569.73 kN) , S_v : 합성후 전단력 (631.88 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.56 - 6.0) = 16919616 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.29651\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

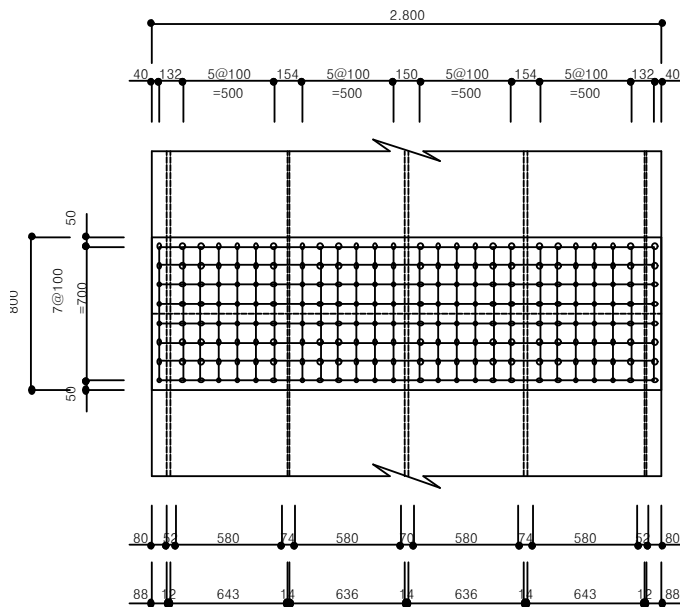
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 6193.2^2)} = 61696.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 45.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께: } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이: } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{5.697E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{6.319E+05 \times 8.559E+07}{3.29651E+11} \right) \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9239 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(569.733 kN) , S_v : 합성후 전단력(631.879 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1918.44 - 8.0) = 85587712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 9238.5^2)} = 62076.0 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

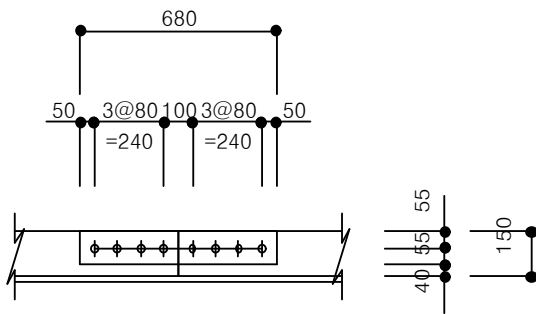
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

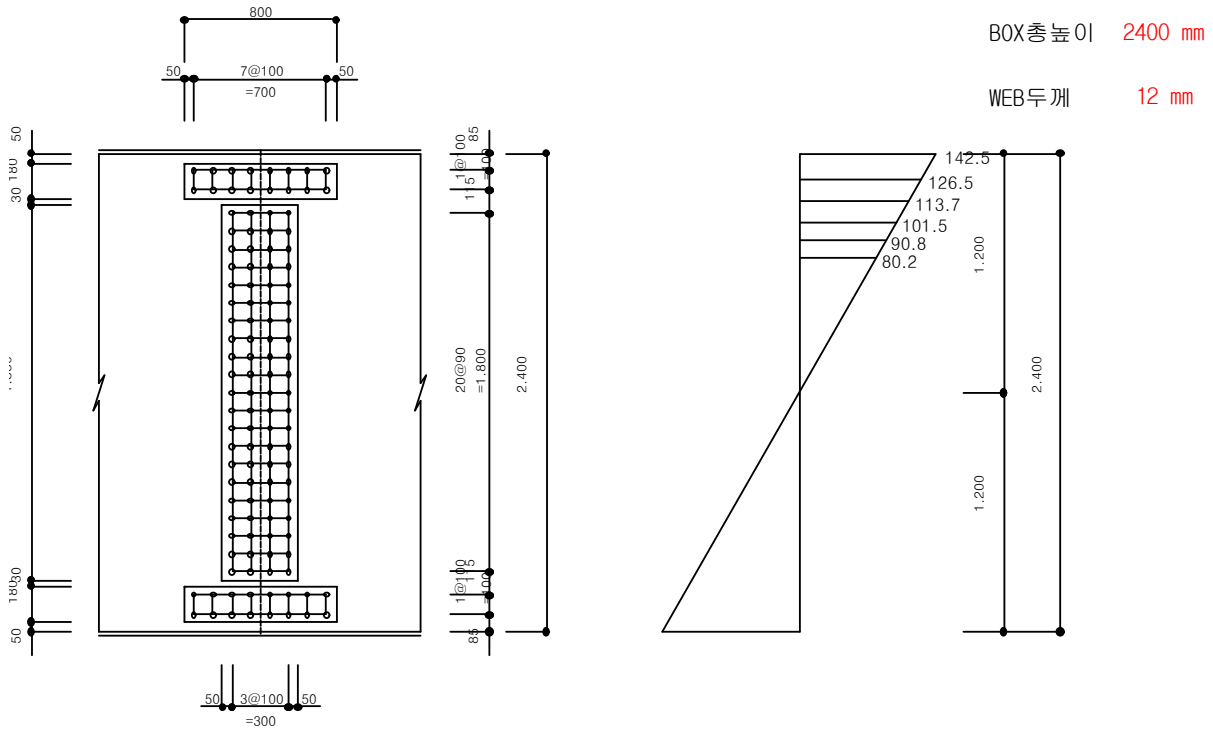
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h/t)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1201.6 \times 1000}{2} + \frac{565.7 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 12225.9 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 12225.9^2} = 67304.2 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (##### - #####)^2 = ##### \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 2281.7 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 187.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 5085.6 \times \frac{2.86893E+10}{3.29651E+11} = 442.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 2281.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 5085.6 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1918.44 - 1200.00)^2 = 4.23076E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 509.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{187.347 \times 1E+06}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{442.593 \times 1E+06}{42307603639} \times 509.560 \\
 &= 12.091 + 5.331 = 17.422 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{187.347 \times 1E+06}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{442.593 \times 1E+06}{42307603639} \times 1918.440 \\
 &= 11.614 + 20.069 = 31.684 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

7) SPLICE - 7 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 3807.100 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5696.310 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 347.281$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 568.309$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 544.151 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 65.2 MPa

하부 FLANGE의응력 : f1 = -60.0 MPa

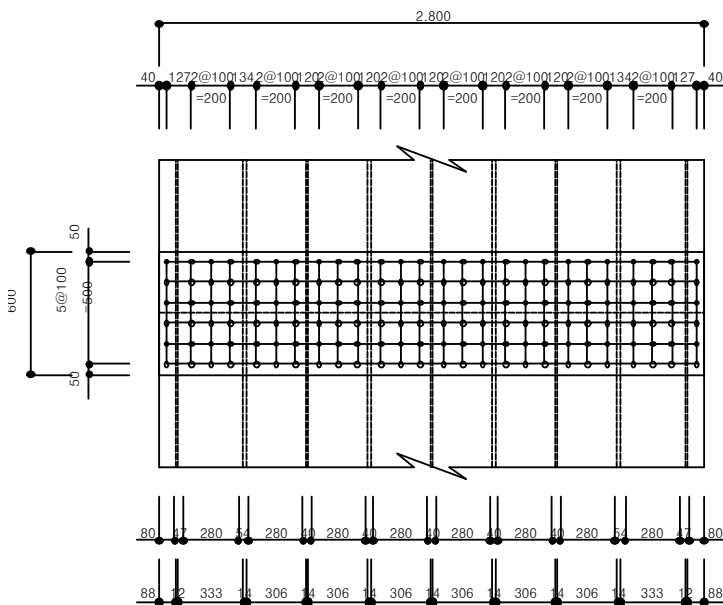
강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

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

$$f_s = 65.2 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As \cdot f_s}{\rho \cdot a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.473\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{5.683\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.29651\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4113 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(347.28 kN) , S_v : 합성후 전단력(568.31 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.56 - 6.0) = 16919616 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

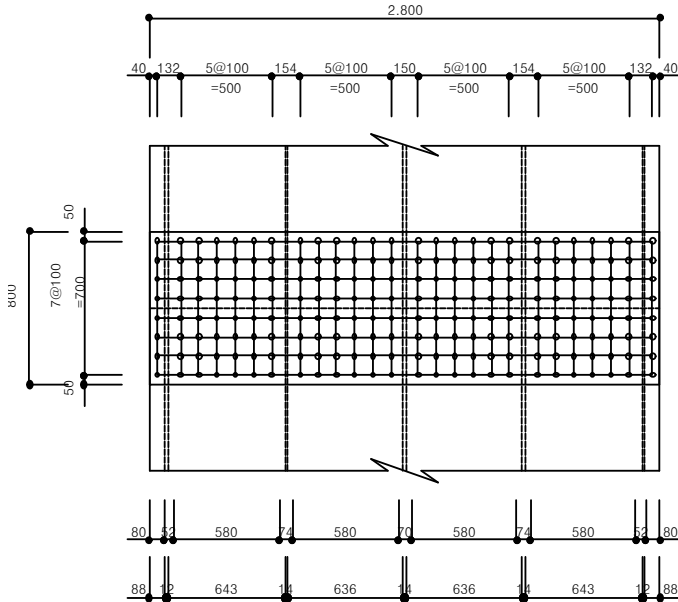
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 4112.5^2)} = 61522.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 60.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.473E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{5.683E+05 \times 8.559E+07}{3.29651E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6912 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(347.281 kN) , S_v : 합성후 전단력(568.309 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1918.44 - 8.0) = 85587712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 6911.6^2)} = 61772.5 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

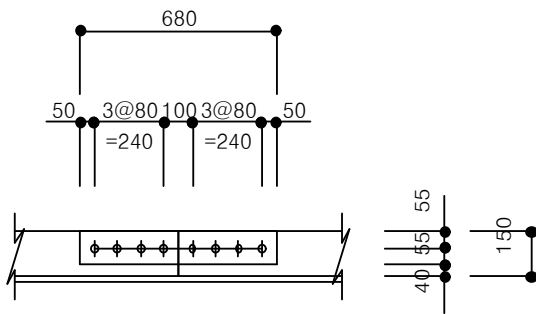
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

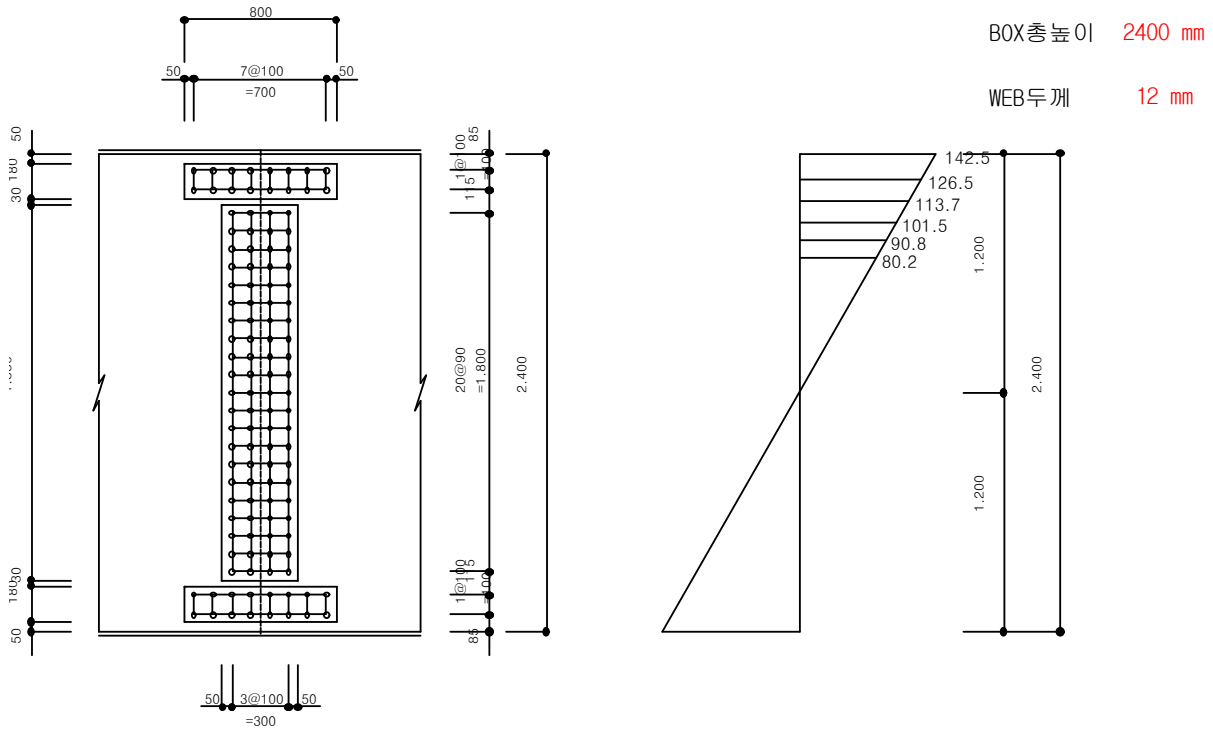
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h t) / (2 b h t)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{915.6 \times 1000}{2} + \frac{544.2 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 9688.9 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 9688.9^2} = 66889.9 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 3807.1 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 312.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 5696.3 \times \frac{2.86893E+10}{3.29651E+11} = 495.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 3807.1 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 5696.3 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.68401E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.29651E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1918.44 - 1200.00)^2 = 4.23076E+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 509.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.4 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{312.594 \times 1E+06}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{495.746 \times 1E+06}{42307603639} \times 509.560 \\
 &= 20.174 + 5.971 = 26.145 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{312.594 \times 1E+06}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{495.746 \times 1E+06}{42307603639} \times 1918.440 \\
 &= 19.379 + 22.480 = 41.859 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

8) SPLICE - 8 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7923.400 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7408.460 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1350.820 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1098.000 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 834.581 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -72.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 101.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

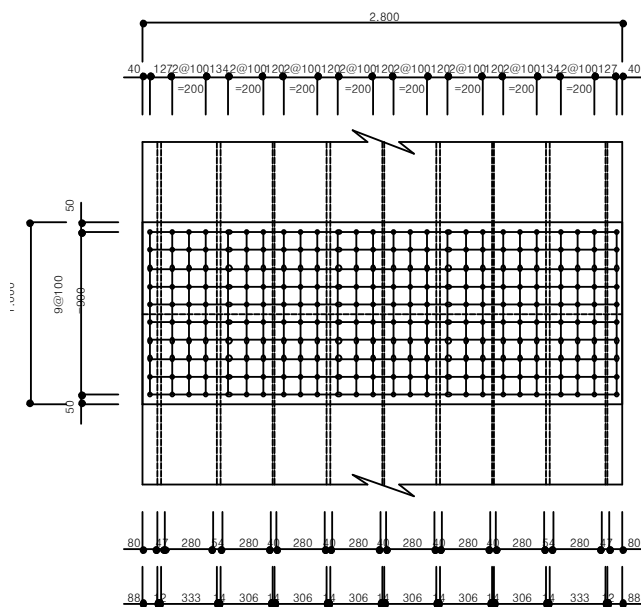
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 101.6 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < p_a \text{ O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.351\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.098\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17521 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1350.82 kN) , S_v : 합성후 전단력(1098.00 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 : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

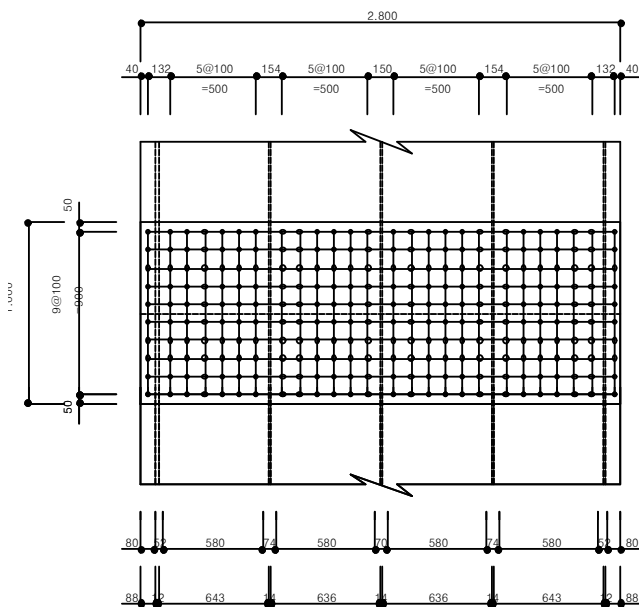
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 17521.0^2)} = 75716.6 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 72.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.351\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.098\text{E}+06 \times 6.964\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 16421 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1350.820 kN) , S_v : 합성후 전단력(1098.000 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 : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 16420.6^2)} = 75469.6 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

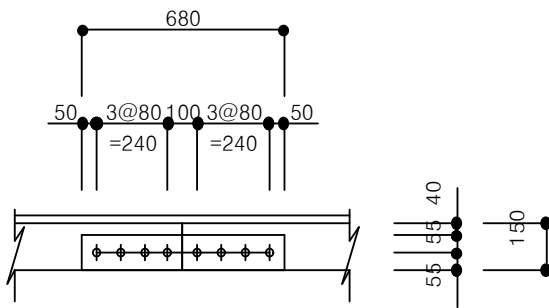
④ 모재의 응력검토

$$\text{플랜지의 총단면적 } A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 } A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a, 0.K$$

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

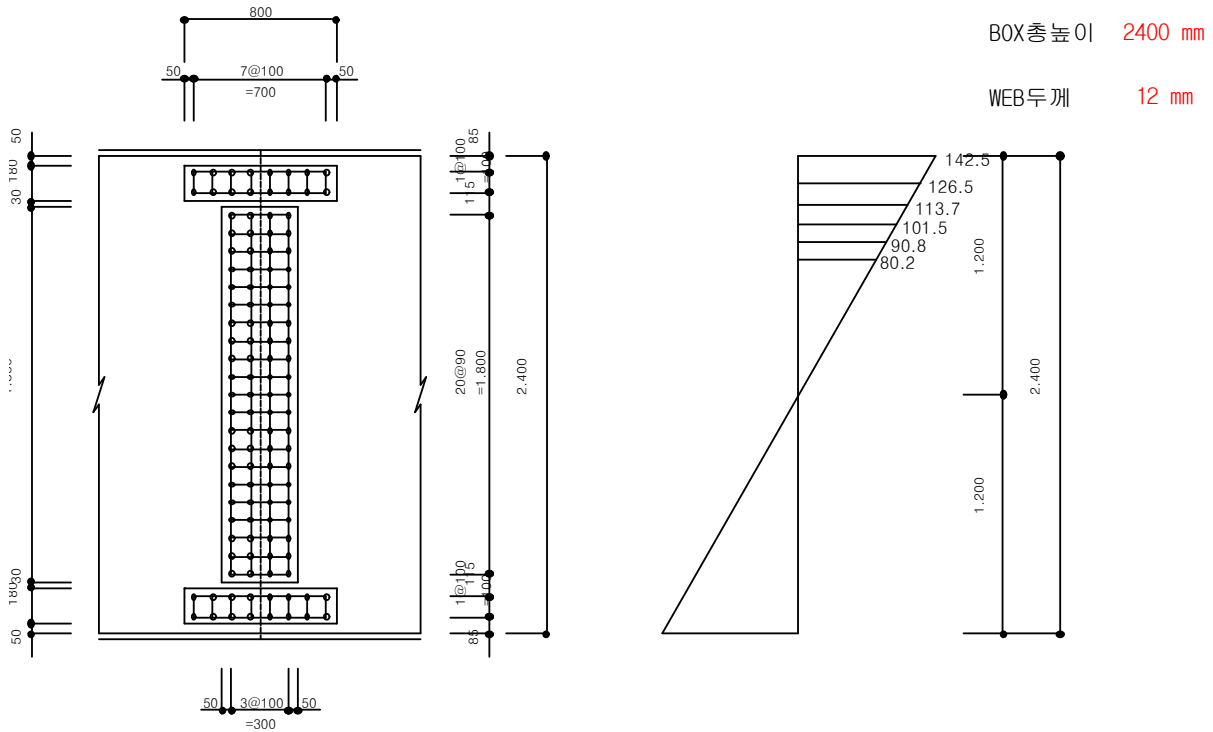
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2448.8 \times 1000}{2} + \frac{834.6 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 23865.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 23865.0^2} = 70355.7 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7923.4 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 479.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7408.5 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 380.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 7923.4 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 7408.5 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{479.287 \times 1E+06}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{380.878 \times 1E+06}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 31.732 + 19.042 = 50.774 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{479.287 \times 1E+06}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{380.878 \times 1E+06}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 29.348 + 25.422 = 54.770 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

9) SPLICE - 9 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7330.410 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7185.390 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1461.690 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1140.060 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 901.627 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -68.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 96.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

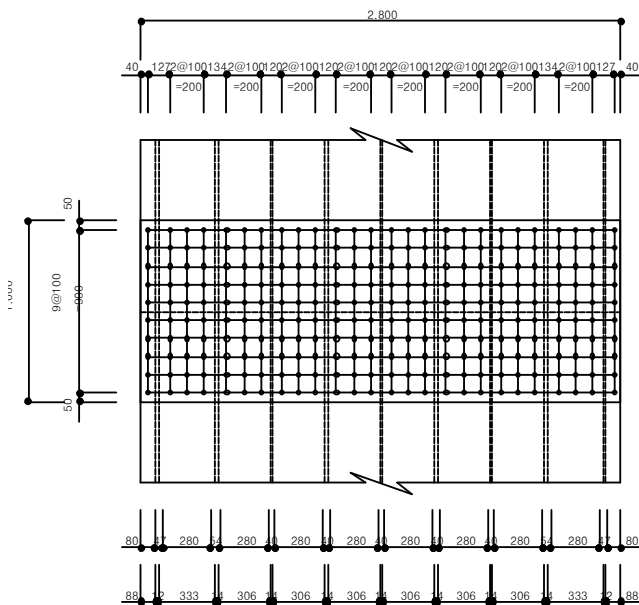
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 96.6 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.462\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.140\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18628 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1461.69 kN) , S_v : 합성후 전단력(1140.06 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

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

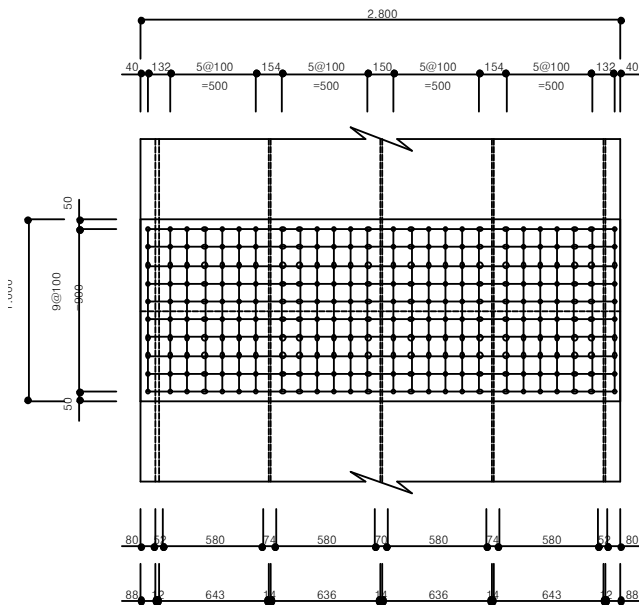
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 18627.6^2)} = 75980.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 68.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.462E+06 \times 8.466E+07}{2.28803E+11} + \frac{1.140E+06 \times 6.964E+07}{2.91220E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17521 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1461.690 kN) , S_v : 합성후 전단력(1140.060 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

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 17520.8^2)} = 75716.6 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

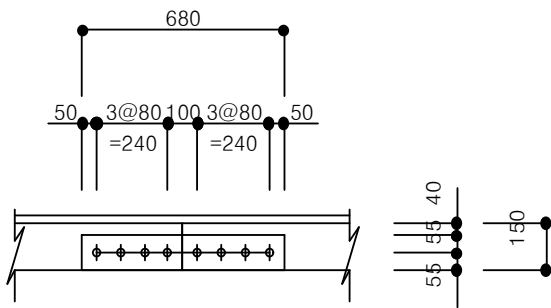
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

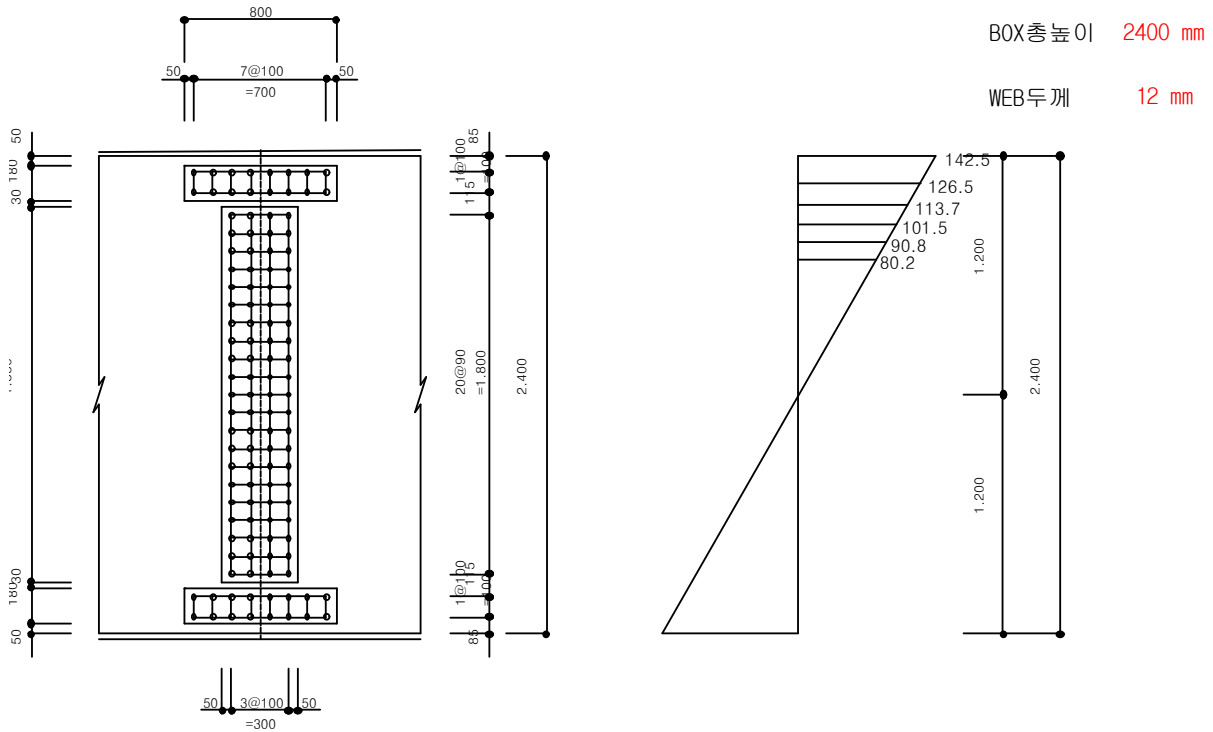
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p_a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p_a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2601.8 \times 1000}{2} + \frac{901.6 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 25404.6 \text{ N/EA} < p_a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 25404.6^2} = 70892.7 \text{ N/EA} < p_a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7330.4 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 443.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7185.4 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 369.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 7330.4 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 7185.4 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{443.417 \times 1E+06}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{369.410 \times 1E+06}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 29.358 + 18.468 = 47.826 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{443.417 \times 1E+06}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{369.410 \times 1E+06}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 27.151 + 24.657 = 51.808 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

10) SPLICE - 10 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5922.800 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6277.750 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 458.584$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 610.082 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 578.260 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 84.5 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -78.4$ MPa

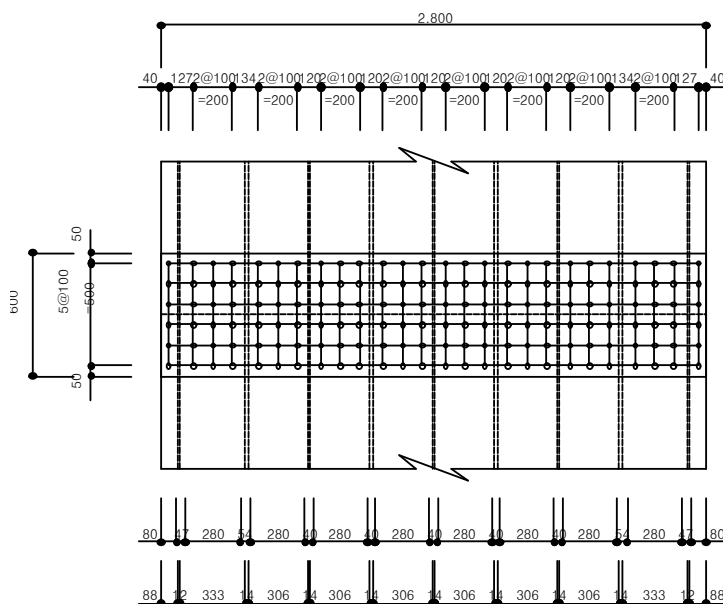
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 84.5 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.586\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.101\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.29651\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5172 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(458.58 kN) , S_v : 합성후 전단력(610.08 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.56 - 6.0) = 16919616 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

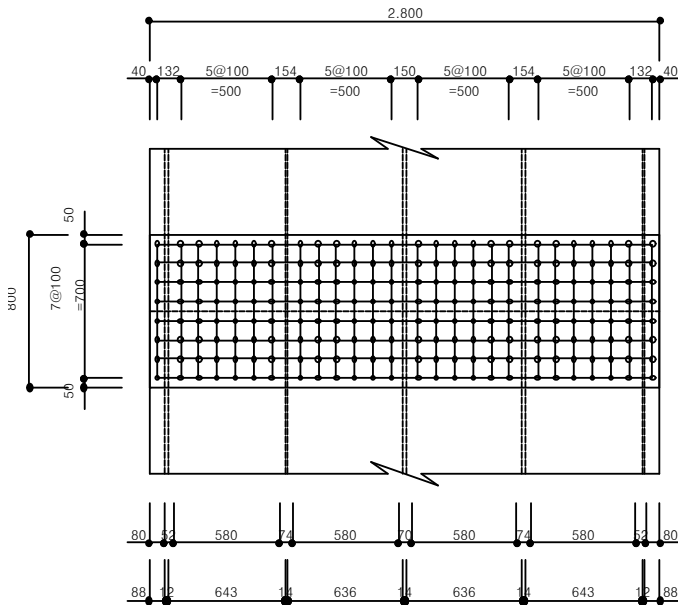
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 5172.0^2)} = 61602.1 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 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_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.586E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{6.101E+05 \times 8.559E+07}{3.29651E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8146 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(458.584 kN) , S_v : 합성후 전단력(610.082 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1918.44 - 8.0) = 85587712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 8145.5^2)} = 61922.7 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

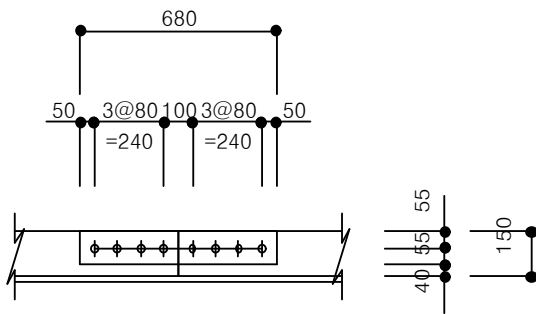
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

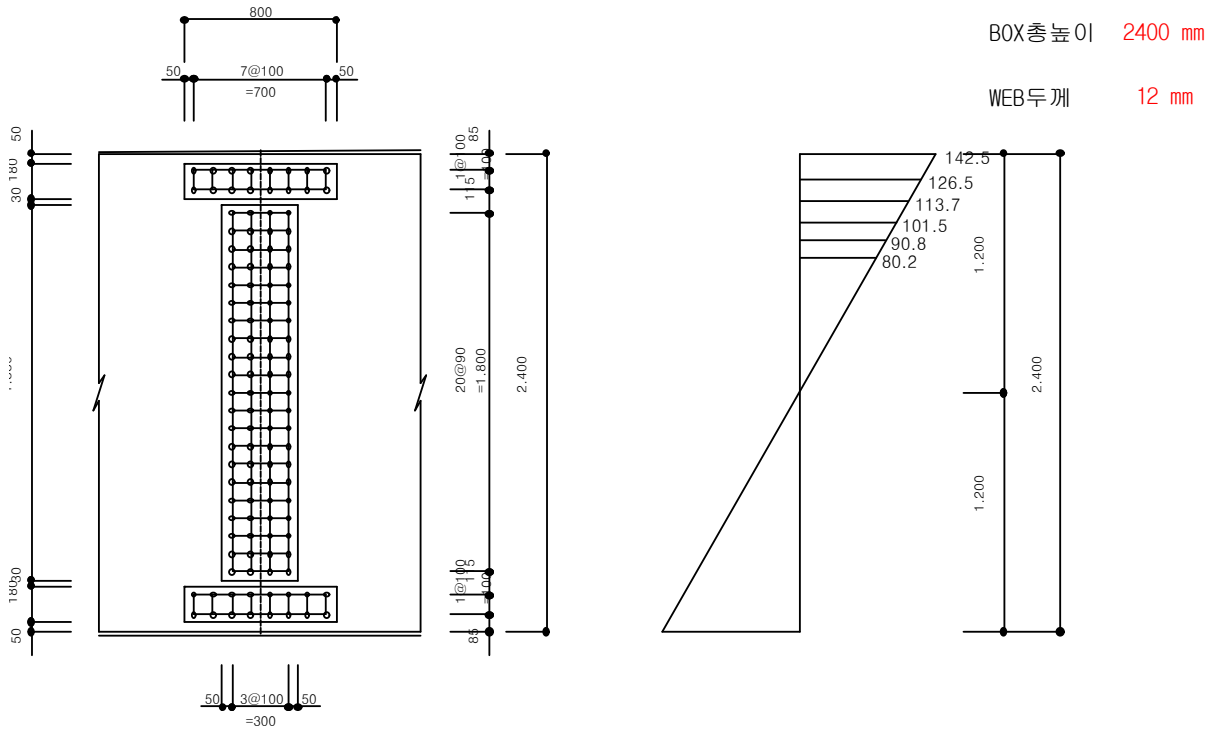
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h/t)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1068.7 \times 1000}{2} + \frac{578.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 11121.1 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 11121.1^2} = 67112.3 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5922.8 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 486.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 6277.8 \times \frac{2.86893E+10}{3.29651E+11} = 546.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 5922.8 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 6277.8 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.68401E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.29651E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1918.44 - 1200.00)^2 = 4.23076\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 509.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.4 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{486.310 \times 1\text{E}+06}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{546.348 \times 1\text{E}+06}{42307603639} \times 509.560 \\ &= 31.386 + 6.580 = 37.966 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{486.310 \times 1\text{E}+06}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{546.348 \times 1\text{E}+06}{42307603639} \times 1918.440 \\ &= 30.148 + 24.774 = 54.923 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.584\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.101\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.29651\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5171 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(458.42 kN) , S_v : 합성후 전단력(610.09 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.56 - 6.0) = 16919616 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

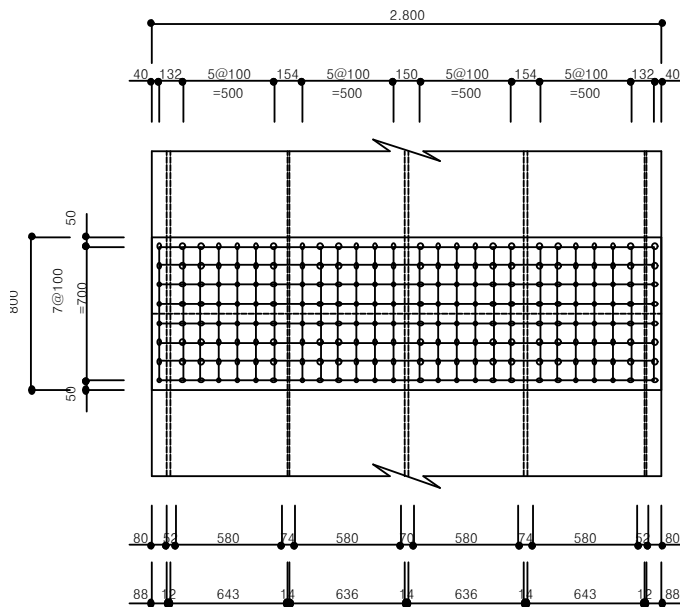
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 5170.5^2)} = 61602.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 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_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



$$\text{모재두께: } T_u = 16 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이: } L = 2800 \text{ mm}$$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \div 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{4.584E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{6.101E+05 \times 8.559E+07}{3.29651E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8144 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(458.421 kN) , S_v : 합성후 전단력(610.089 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1918.44 - 8.0) = 85587712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 8144.2^2)} = 61922.6 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

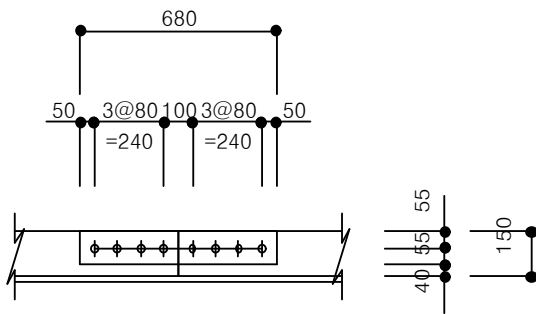
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

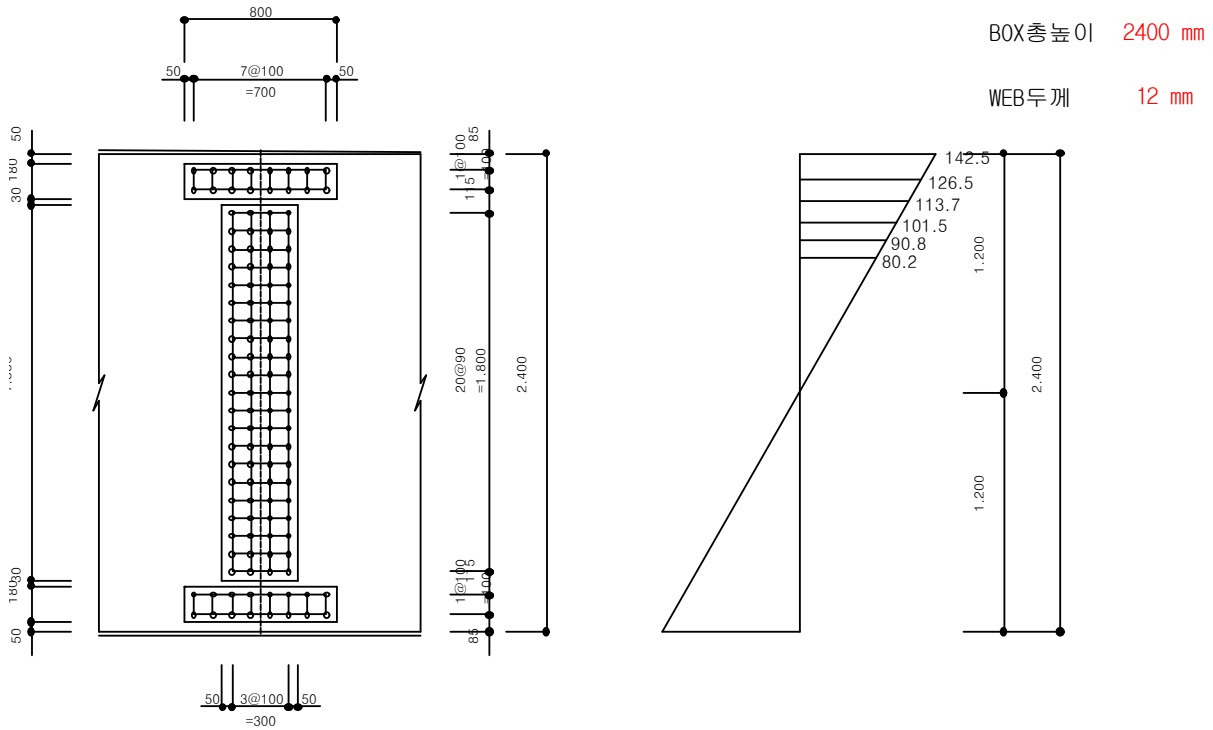
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1068.5 \times 1000}{2} + \frac{578.3 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 11120.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 11120.0^2} = 67112.2 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5923.9 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 486.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6275.8 \times \frac{2.86893E+10}{3.29651E+11} = 546.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 5923.9 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 6275.8 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.68401E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.29651E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1918.44 - 1200.00)^2 = 4.23076\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 509.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.4 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{486.400 \times 1\text{E}+06}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{546.176 \times 1\text{E}+06}{42307603639} \times 509.560 \\ &= 31.392 + 6.578 = 37.970 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{486.400 \times 1\text{E}+06}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{546.176 \times 1\text{E}+06}{42307603639} \times 1918.440 \\ &= 30.154 + 24.766 = 54.920 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

12) SPLICE - 12 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7324.420 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7182.920 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1461.070 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1140.220 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 897.401 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -68.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 96.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

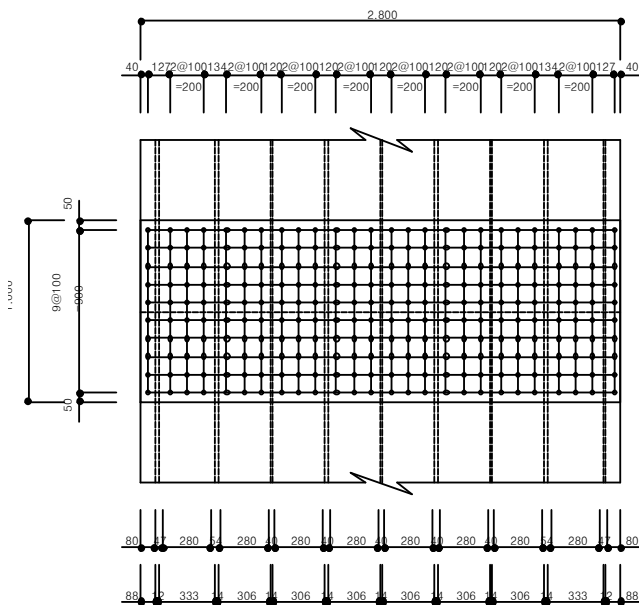
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 96.6 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.461\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.140\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18624 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1461.07 kN) , S_v : 합성후 전단력(1140.22 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

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

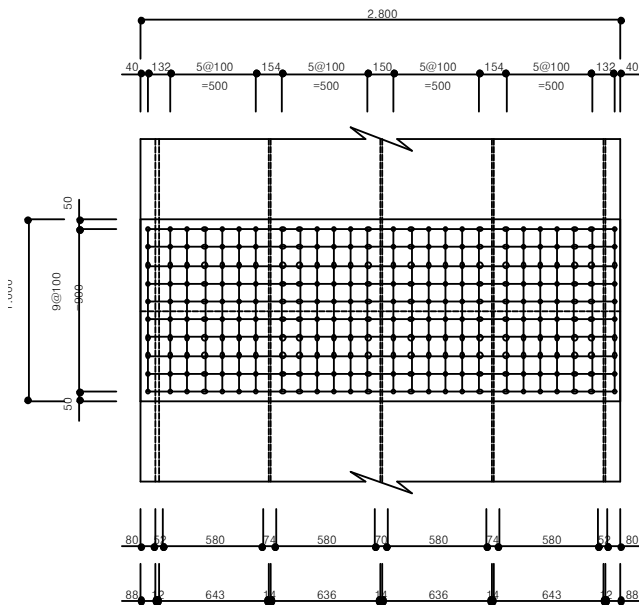
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 18624.1^2)} = 75979.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 68.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.461\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.140\text{E}+06 \times 6.964\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17517 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1461.070 kN) , S_v : 합성후 전단력(1140.220 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

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 17516.7^2)} = 75715.7 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

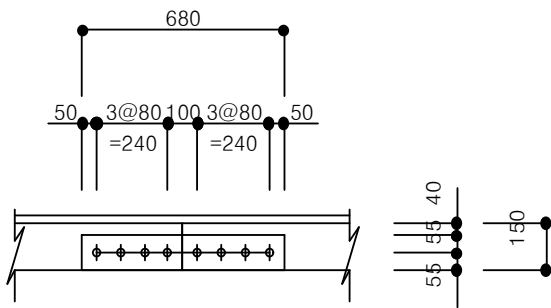
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

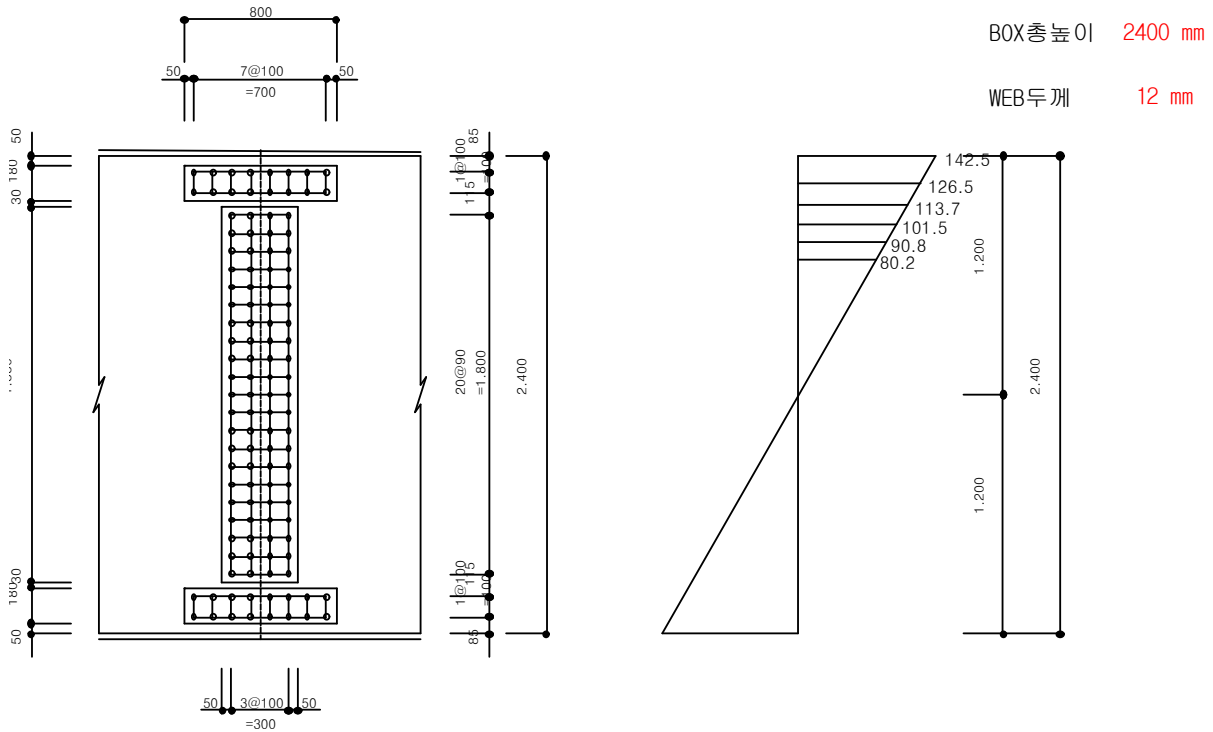
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2601.3 \times 1000}{2} + \frac{897.4 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 25386.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 25386.7^2} = 70886.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7324.4 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 443.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7182.9 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 369.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 7324.4 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 7182.9 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{443.055 \times 1E+06}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{369.283 \times 1E+06}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 29.334 + 18.462 = 47.795 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{443.055 \times 1E+06}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{369.283 \times 1E+06}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 27.129 + 24.648 = 51.777 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

13) SPLICE - 13 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -7926.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -7409.310 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1351.120 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1098.480 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 830.842 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -72.9 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 101.6 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

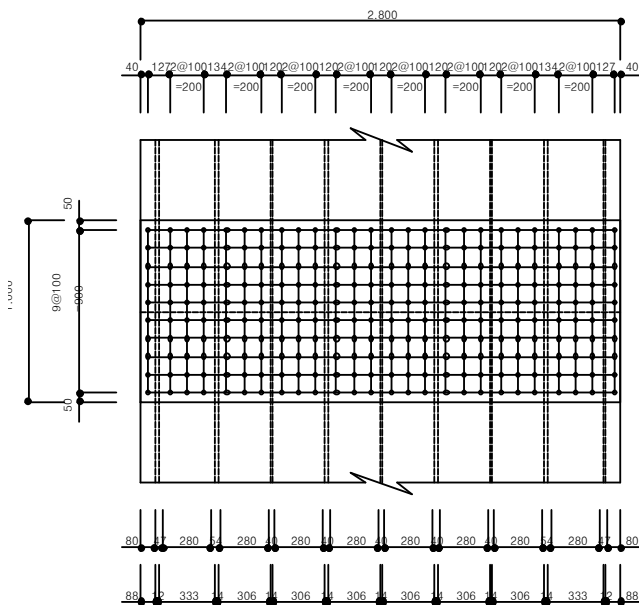
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 101.6 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.351\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.098\text{E}+06 \times 9.325\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 17527 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1351.12 kN) , S_v : 합성후 전단력(1098.48 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

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

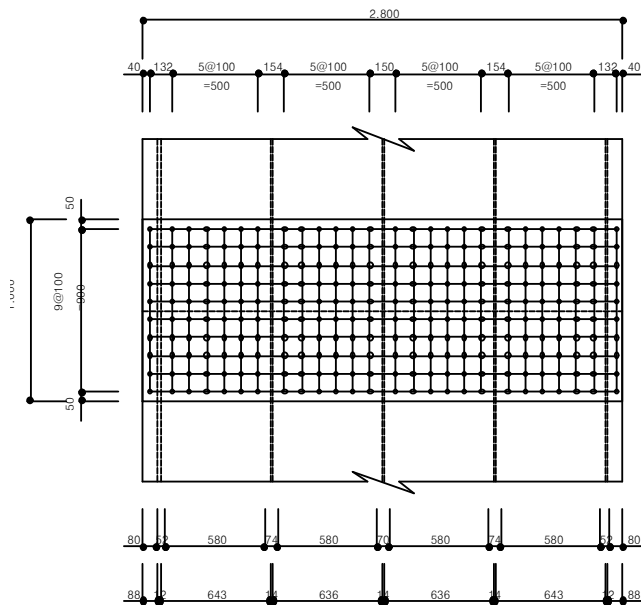
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 17526.5^2)} = 75717.9 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 72.9 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.351\text{E}+06 \times 8.466\text{E}+07}{2.28803\text{E}+11} + \frac{1.098\text{E}+06 \times 6.964\text{E}+07}{2.91220\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 16426 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1351.120 kN) , S_v : 합성후 전단력(1098.480 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

$$(I_s = 2.28803\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.91220\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 16425.5^2)} = 75470.7 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

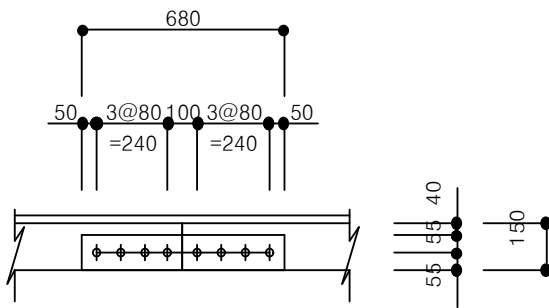
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

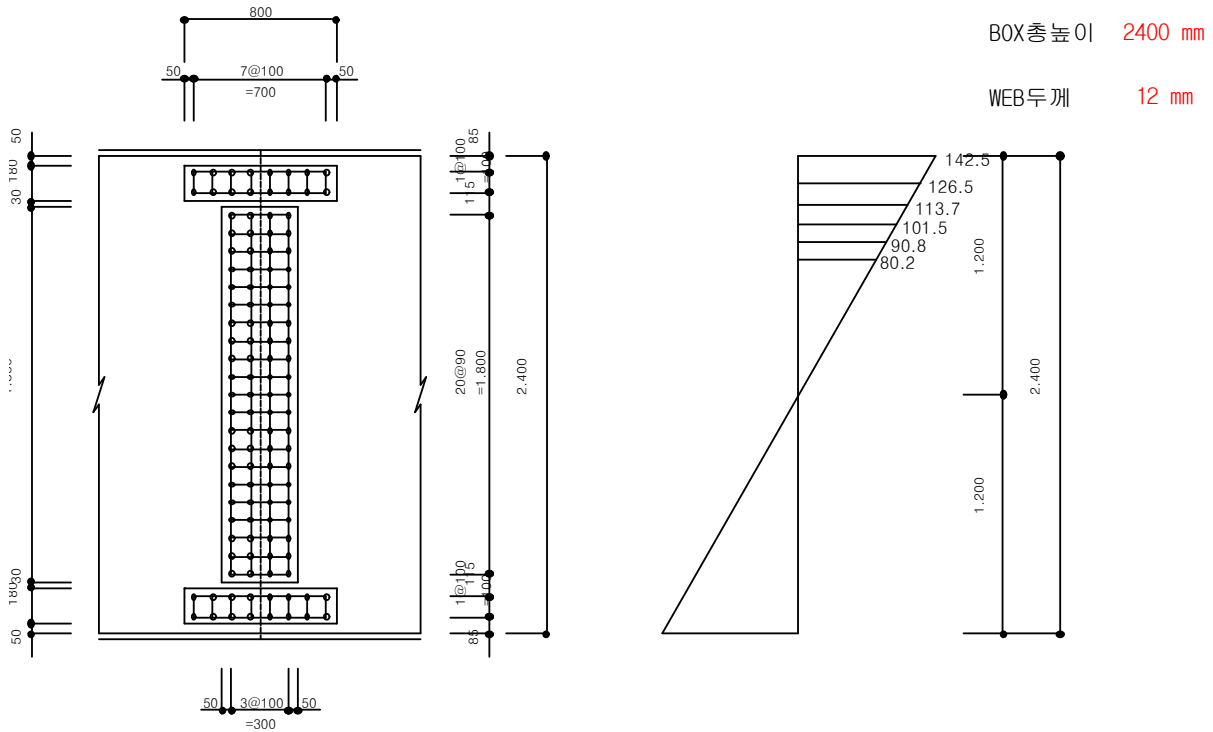
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2449.6 \times 1000}{2} + \frac{830.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 23859.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 23859.4^2} = 70353.8 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 7926.3 \times \frac{1.38403E+10}{2.28803E+11} = 479.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 7409.3 \times \frac{1.49720E+10}{2.91220E+11} = 380.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 7926.3 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 7409.3 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 2.28803E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.21)^2 = 1.92092E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.65 - 1200.00)^2 = 2.09695E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{479.463 \times 1E+06}{19209168525} \times 1271.790 + \frac{380.922 \times 1E+06}{20969546821} \times 1048.350 \\
 &= 31.744 + 19.044 = 50.788 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{479.463 \times 1E+06}{19209168525} \times 1176.210 + \frac{380.922 \times 1E+06}{20969546821} \times 1399.650 \\
 &= 29.358 + 25.425 = 54.784 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

14) SPLICE - 14 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 3805.850 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5694.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 347.267$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 568.512$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 544.537 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 65.2 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -60.0$ MPa

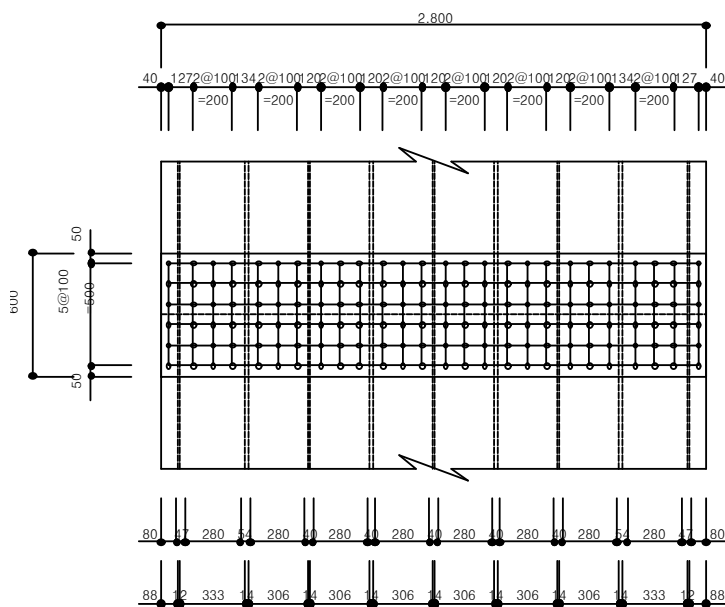
강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

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

$$f_s = 65.2 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As \cdot f_s}{\rho_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.473\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{5.685\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.29651\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 4113 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(347.27 kN) , S_v : 합성후 전단력(568.51 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.56 - 6.0) = 16919616 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

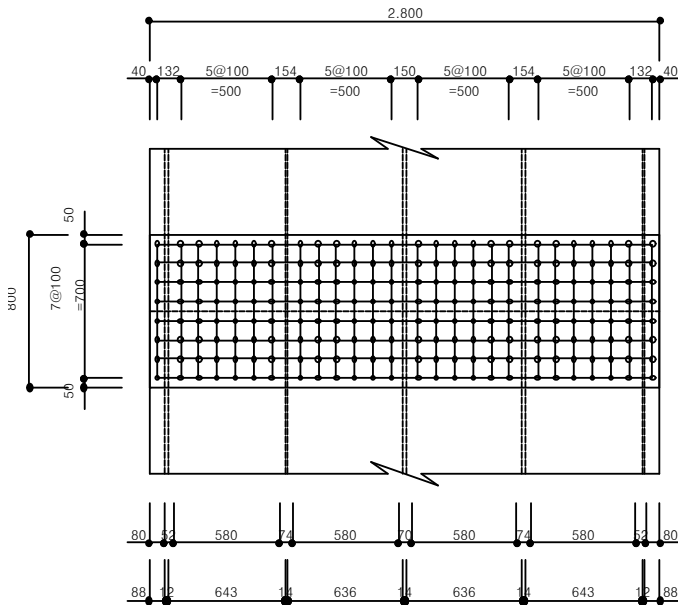
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 4112.8^2)} = 61522.2 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 60.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{3.473E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{5.685E+05 \times 8.559E+07}{3.29651E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 6913 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(347.267 kN) , S_v : 합성후 전단력(568.512 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1918.44 - 8.0) = 85587712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 6912.9^2)} = 61772.7 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

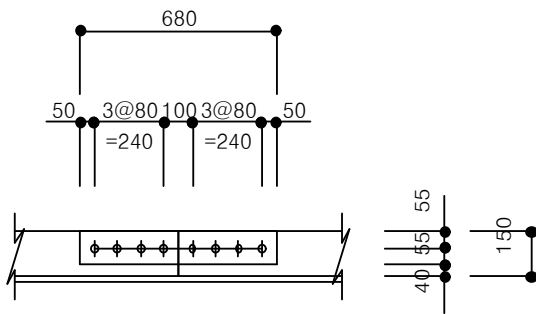
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

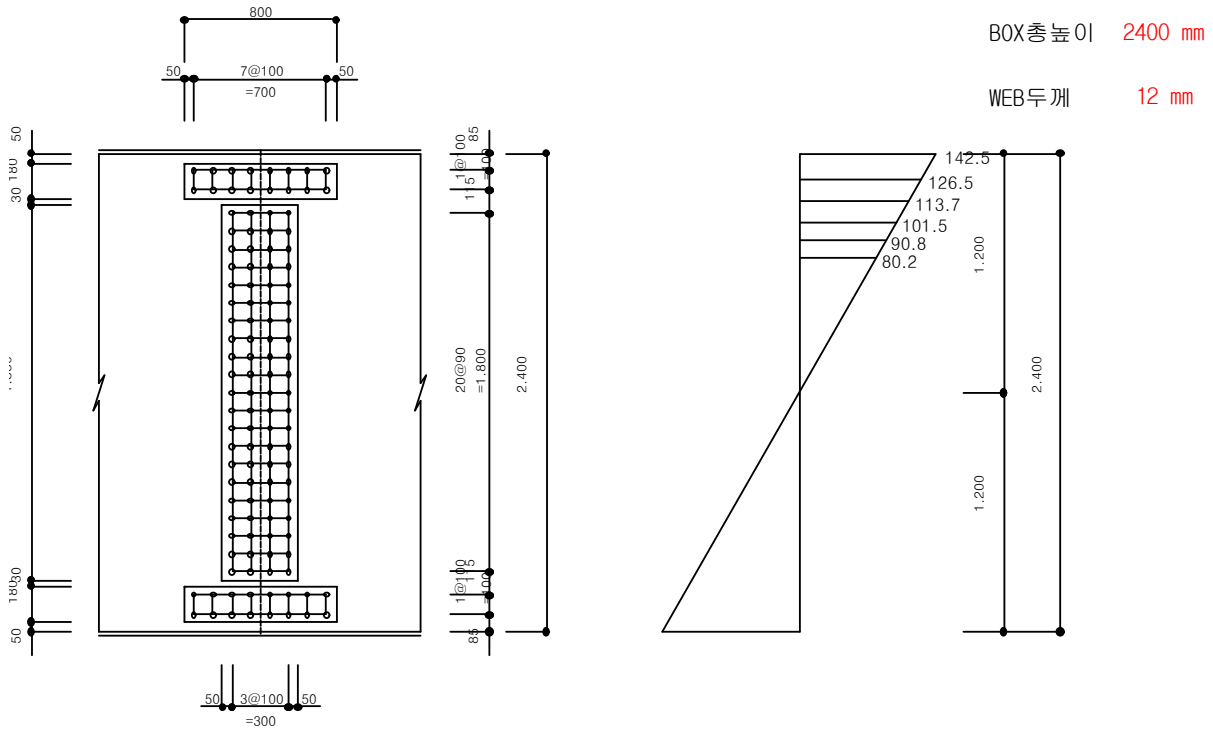
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h/t)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{915.8 \times 1000}{2} + \frac{544.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 9691.8 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 9691.8^2} = 66890.4 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 3805.9 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 312.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 5694.3 \times \frac{2.86893E+10}{3.29651E+11} = 495.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 3805.9 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 5694.3 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.68401E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.29651E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1918.44 - 1200.00)^2 = 4.23076\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 509.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.4 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{312.491 \times 1\text{E}+06}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{495.571 \times 1\text{E}+06}{42307603639} \times 509.560 \\ &= 20.168 + 5.969 = 26.136 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{312.491 \times 1\text{E}+06}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{495.571 \times 1\text{E}+06}{42307603639} \times 1918.440 \\ &= 19.373 + 22.472 = 41.844 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

15) SPLICE - 15 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 2280.150$ kN · m

합성후 휨모멘트 : $M_v = 5086.040$ kN · m

합성전 전단력 : $S_s = 569.765$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 631.838$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 573.469$ kN · m

상부 FLANGE의응력 : $f_u = 51.0$ MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_l = -45.7$ MPa

강 종 : SM490 B $f_a = 190$ MPa $\sigma_a = 110$ MPa

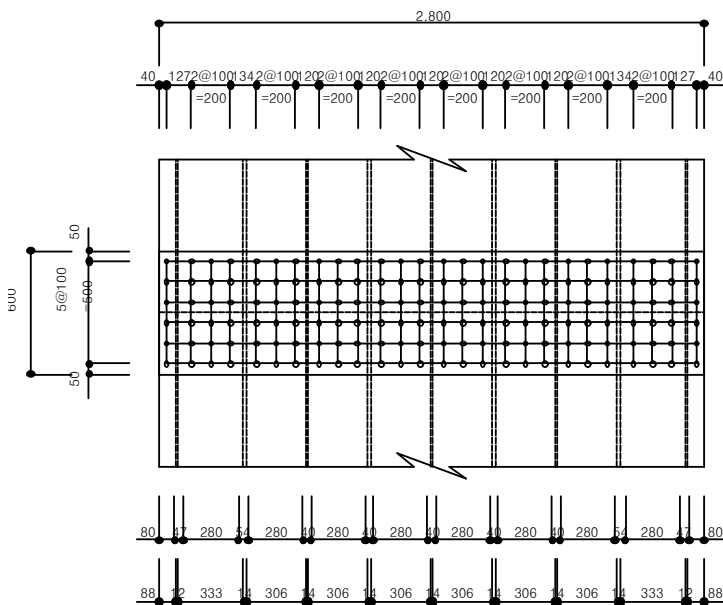
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2$ 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$f_s = 51.0$ MPa

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5$ MPa (도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께: $T_u = 12$ mm

모재길이: $L = 2800$ mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \approx 50 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.698\text{E}+05 \times 4.141\text{E}+07}{1.68401\text{E}+11} + \frac{6.318\text{E}+05 \times 1.692\text{E}+07}{3.29651\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 6193 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(569.77 kN) , S_v : 합성후 전단력(631.84 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 12 \times (1238.41 - 6.0) = 41408976 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 12 \times (509.56 - 6.0) = 16919616 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

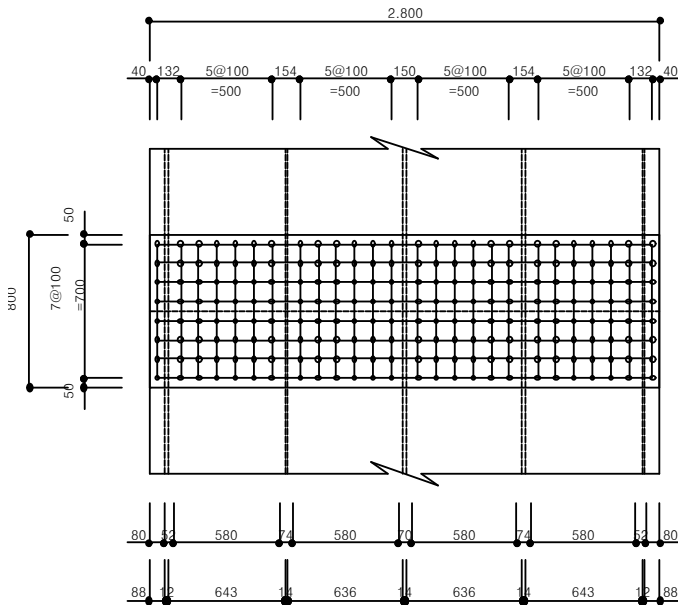
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 6193.4^2)} = 61696.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 45.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 16 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 67 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{16.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 12 \times 800 = 1920.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 12 \times 800 = 27840.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 12 \times 800 = 33600.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 63360.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 63360 - 25.0 \times 12.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 47760.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 33600.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{16 \times 2800 \times 142.5}{47760.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.698E+05 \times 5.294E+07}{1.68401E+11} + \frac{6.318E+05 \times 8.559E+07}{3.29651E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 9239 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(569.765 kN) , S_v : 합성후 전단력(631.838 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 16 \times (1189.59 - 8.0) = 52935232 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 16 \times (1918.44 - 8.0) = 85587712 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 9238.5^2)} = 62076.0 \text{ N/EA} < \rho_a, \quad 0.K$$

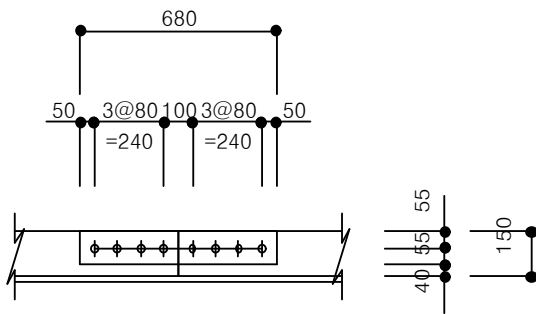
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 16 \times 2800 = 44800.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 16 \times (2800 - 25 \times 26) = 34400.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{44800.0 \times 142.5}{34400.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

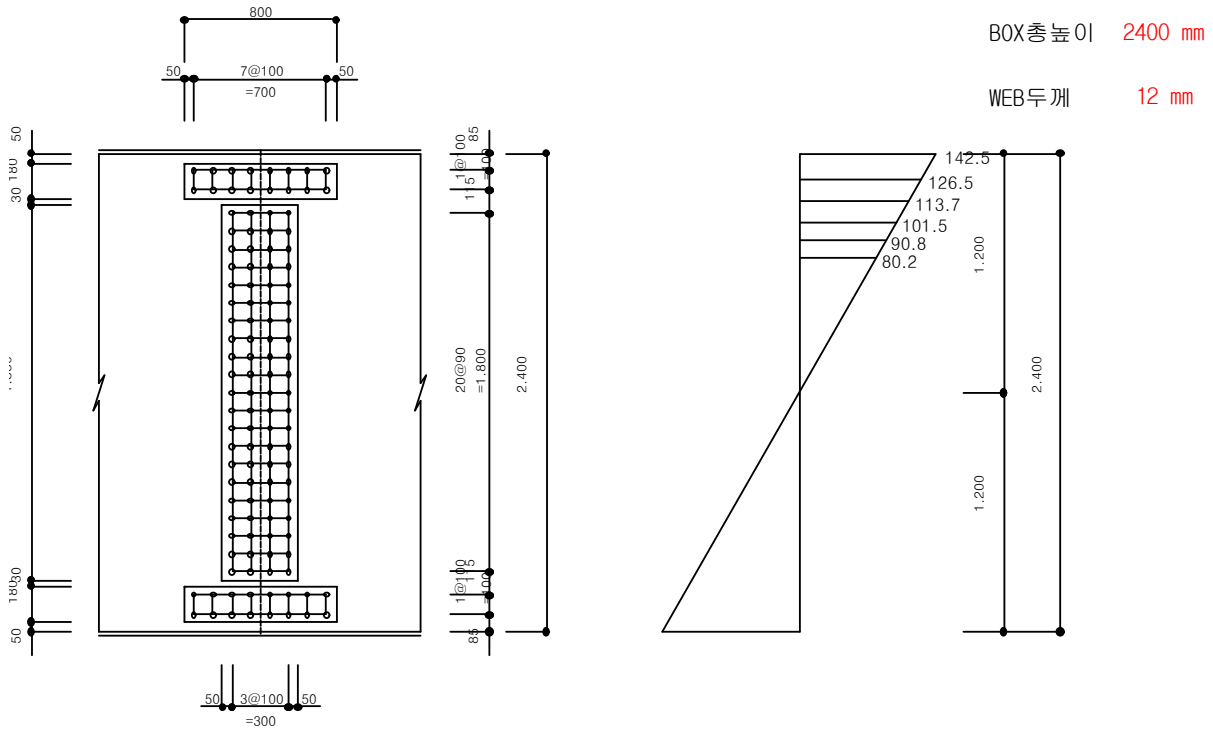
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1201.6 \times 1000}{2} + \frac{573.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 12251.3 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 12251.3^2} = 67308.9 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 2280.2 \times \frac{1.38271E+10}{1.68401E+11} = 187.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 5086.0 \times \frac{2.86893E+10}{3.29651E+11} = 442.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 2280.2 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 5086.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.68401E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 합성단면의 단면2차모멘트 , $I_v = 3.29651E+11 \text{ mm}^4$

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

$$I = I_o + AY^2 = \text{#####} + 8089920000 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1200.00 - 1189.59)^2 = 1.91887E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = \text{#####} + 44800.00 \times (1918.44 - 1200.00)^2 = 4.23076E+10 \text{ mm}^4$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Y_{su}, Y_{sl} : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1238.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1189.6 \text{ mm}$$

Y_{vu}, Y_{vl} : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 509.6 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1918.4 \text{ mm}$$

f_u : 이음판의 상연응력 f_l : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{187.219 \times 1E+06}{19188668224} \times 1238.410 + \frac{442.634 \times 1E+06}{42307603639} \times 509.560 \\
 &= 12.083 + 5.331 = 17.414 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{187.219 \times 1E+06}{19188668224} \times 1189.590 + \frac{442.634 \times 1E+06}{42307603639} \times 1918.440 \\
 &= 11.607 + 20.071 = 31.678 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

16) SPLICE - 16 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -12517.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8342.640 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1575.130 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1164.040 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 796.216 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -102.3 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 136.0 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

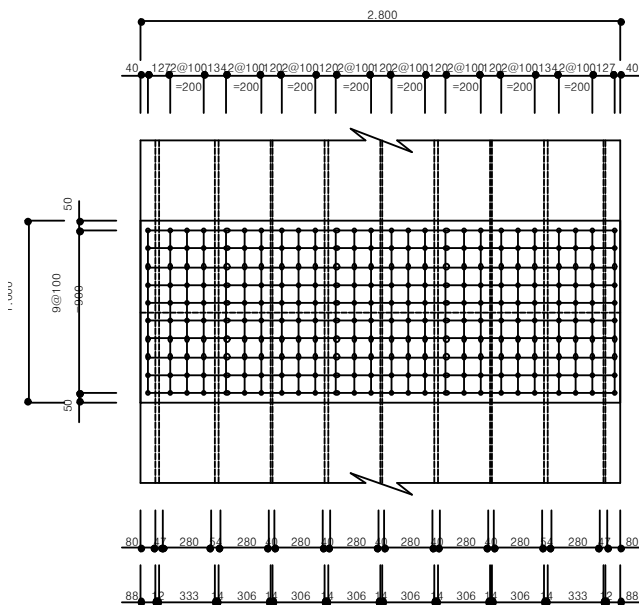
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $\rho_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 136.0 \text{ MPa}$

$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (도.설 3.5.1.1)

$\therefore$ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.575\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.164\text{E}+06 \times 9.324\text{E}+07}{2.90937\text{E}+11} \right) \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 19646 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력 (1575.13 kN) , S_v : 합성후 전단력 (1164.04 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.52 - 12.0) = 93241344 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

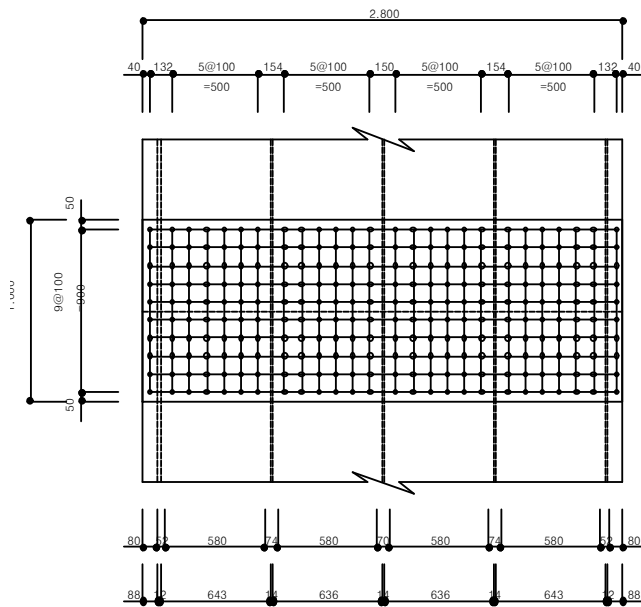
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 19645.8^2)} = 76236.3 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 102.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left(\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.575E+06 \times 8.466E+07}{2.28590E+11} + \frac{1.164E+06 \times 6.965E+07}{2.90937E+11} \right) \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 18567 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1575.130 kN) , S_v : 합성후 전단력(1164.040 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.48 - 12.0) = 69651456 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 18567.0^2)} = 75965.5 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

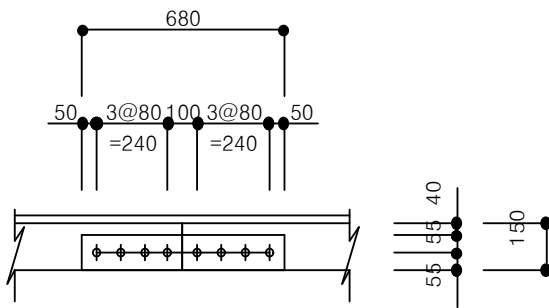
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

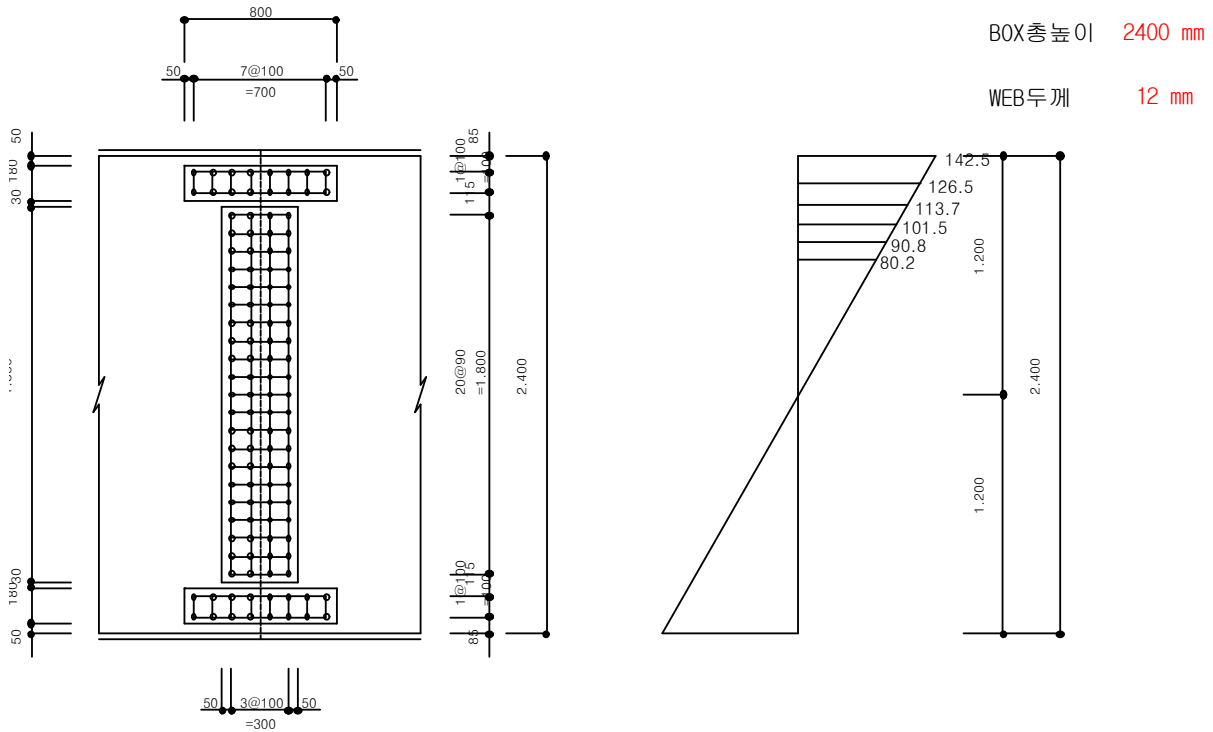
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열} : \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열} : \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열} : \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{2739.2 \times 1000}{2} + \frac{796.2 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 26241.4 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 26241.4^2} = 71196.9 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12517.6 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 757.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8342.6 \times \frac{1.49705E+10}{2.90937E+11} = 429.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 12517.6 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 8342.6 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.28590E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 2.90937E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.52 - 1200.00)^2 = 2.09672E+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.5 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.5 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{757.897 \times 1E+06}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{429.279 \times 1E+06}{20967222055} \times 1048.480 \\
 &= 50.180 + 21.466 = 71.646 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{757.897 \times 1E+06}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{429.279 \times 1E+06}{20967222055} \times 1399.520 \\
 &= 46.406 + 28.654 = 75.059 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

17) SPLICE - 17 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = -10998.200 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = -8045.160 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1860.020 \text{ kN}$

합성후 전단력 : $S_v = 1218.210 \text{ kN}$

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 1072.950 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : $f_u = -92.7 \text{ MPa}$

하부 FLANGE의응력 : $f_l = 124.7 \text{ MPa}$

강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $u_a = 110 \text{ MPa}$

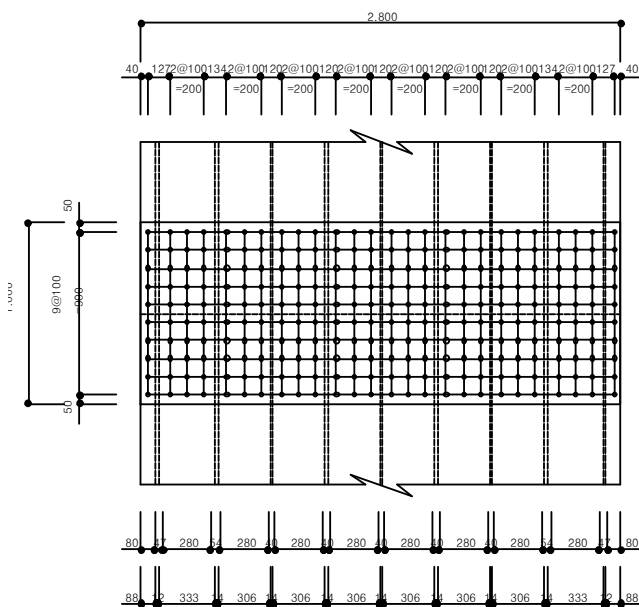
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$f_s = 124.7 \text{ MPa}$

$f_{s'} = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa}$ (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

$$n = \frac{A_s f_s}{p_a} = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{96000.0} \div 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 18 \times 1000 = 40320.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 93600.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{93600.0} = 102.308 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.860\text{E}+06 \times 7.823\text{E}+07}{2.28590\text{E}+11} + \frac{1.218\text{E}+06 \times 9.324\text{E}+07}{2.90937\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 22120 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1860.02 kN) , S_v : 합성후 전단력(1218.21 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1176.17 - 12.0) = 78232224 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1399.52 - 12.0) = 93241344 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

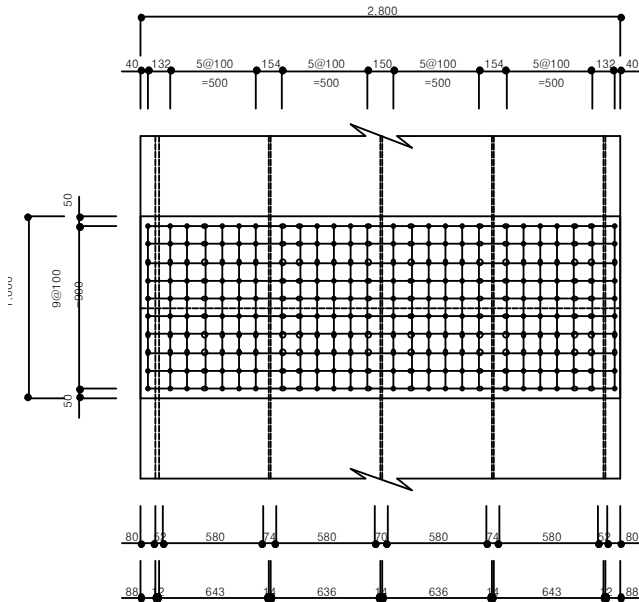
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 22119.7^2)} = 76911.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 92.7 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 24 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{\rho a} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 100 \text{ EA} \Rightarrow n = 130 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{24.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 18 \times 1000 = 2880.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 18 \times 1000 = 41760.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### \times 18 \times 1000 = 50400.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 95040.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 95040 - 25.0 \times 18.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 71640.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 50400.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{24 \times 2800 \times 142.5}{71640.0} = 133.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2800.0 \times 142.5}{130 \text{ EA}} = 73661.5 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.860E+06 \times 8.466E+07}{2.28590E+11} + \frac{1.218E+06 \times 6.965E+07}{2.90937E+11} \right] \times \frac{107.7}{5 \text{ EA}} = 21119 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1860.020 kN) , S_v : 합성후 전단력(1218.210 kN)

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

$$Q_s = 2800.0 \times 24 \times (1271.83 - 12.0) = 84660576 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2800.0 \times 24 \times (1048.48 - 12.0) = 69651456 \text{ mm}^3$$

I_s, I_v : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

$$(I_s = 2.28590E+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 2.90937E+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(73661.5^2 + 21118.9^2)} = 76629.2 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

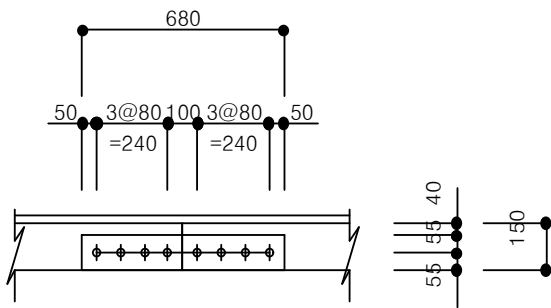
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 24 \times 2800 = 67200.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 24 \times (2800 - 25 \times 26) = 51600.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_u = \frac{67200.0 \times 142.5}{51600.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

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

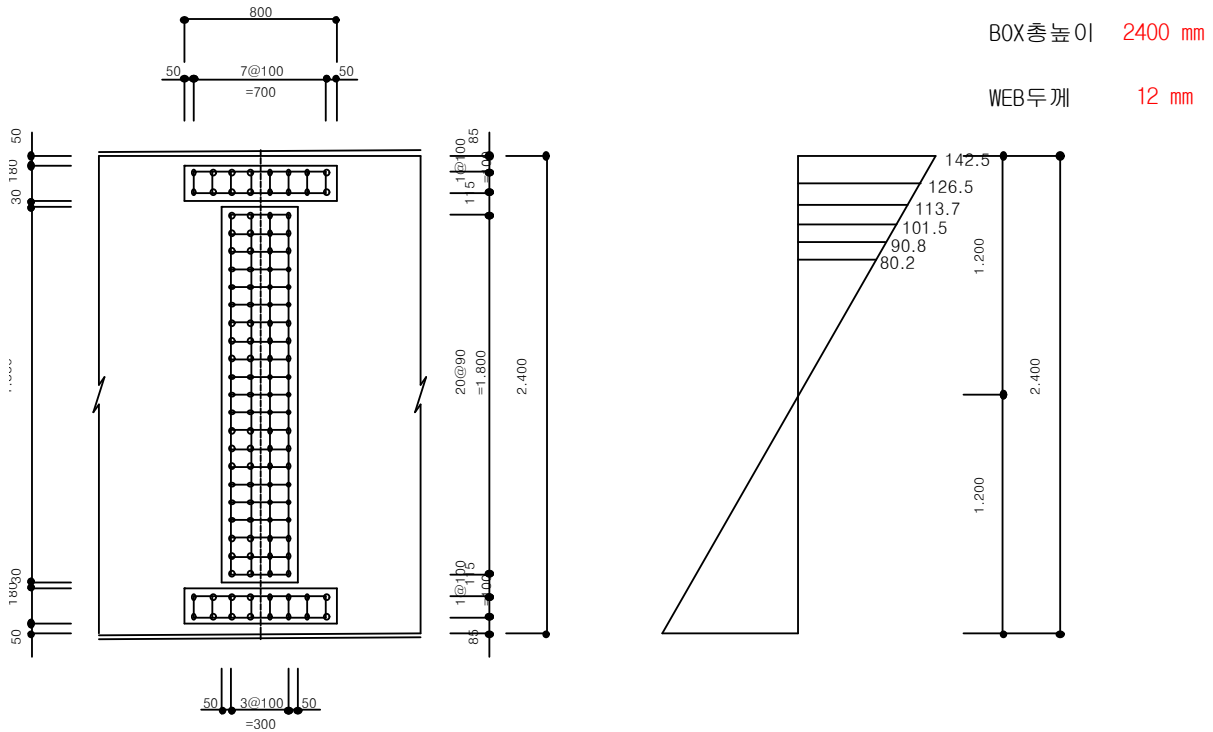
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa}, \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_l = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 EA = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4EA = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{3078.2 \times 1000}{2} + \frac{1073.0 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 30077.6 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 30077.6^2} = 72698.3 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 10998.2 \times \frac{1.38404E+10}{2.28590E+11} = 665.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 8045.2 \times \frac{1.49705E+10}{2.90937E+11} = 414.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 10998.2 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 8045.2 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.28590E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 2.90937E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1176.17)^2 = 1.92093E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1399.52 - 1200.00)^2 = 2.09672E+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1271.8 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1176.2 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 1048.5 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1399.5 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{665.903 \times 1E+06}{19209253860} \times 1271.830 + \frac{413.972 \times 1E+06}{20967222055} \times 1048.480 \\
 &= 44.089 + 20.701 = 64.790 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{665.903 \times 1E+06}{19209253860} \times 1176.170 + \frac{413.972 \times 1E+06}{20967222055} \times 1399.520 \\
 &= 40.773 + 27.632 = 68.405 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

18) SPLICE - 18 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 5311.710 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 6444.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 1051.740$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 766.269$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 909.822 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 80.2 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -69.5$ MPa

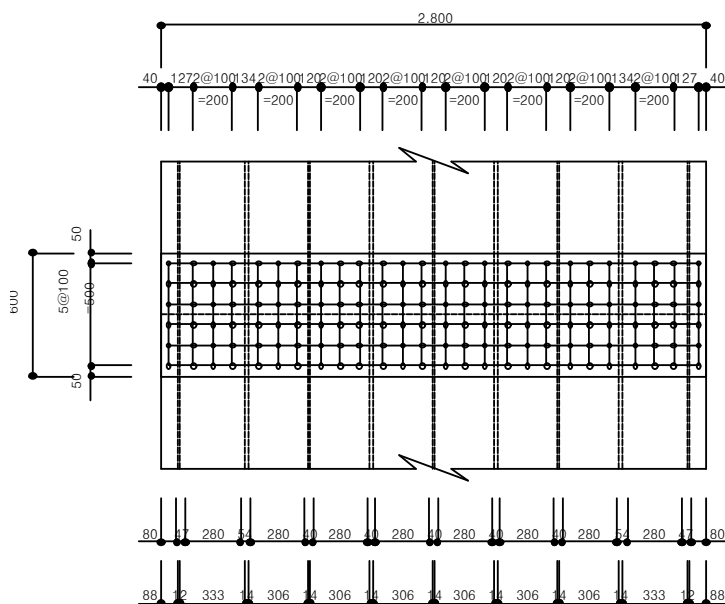
강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 80.2 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{78 \text{ EA}} = 61384.6 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.052\text{E}+06 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{7.663\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 10590 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1051.74 kN) , S_v : 합성후 전단력(766.27 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

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

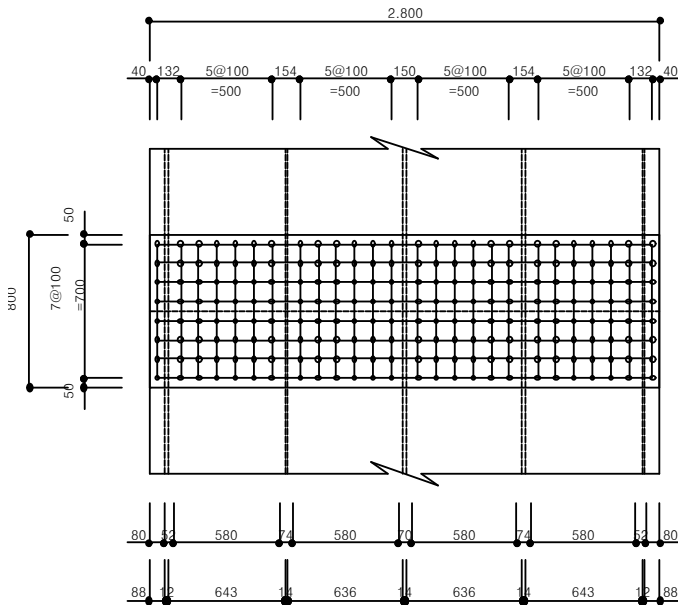
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 10590.3^2)} = 62291.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 69.5 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{1.052E+06 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{7.663E+05 \times 9.471E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 14837 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(1051.740 kN) , S_v : 합성후 전단력(766.269 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 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 14836.8^2)} = 70633.6 \text{ N/EA} < \rho a , \quad 0.K$$

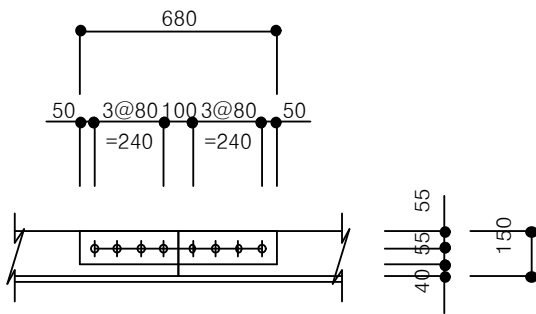
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

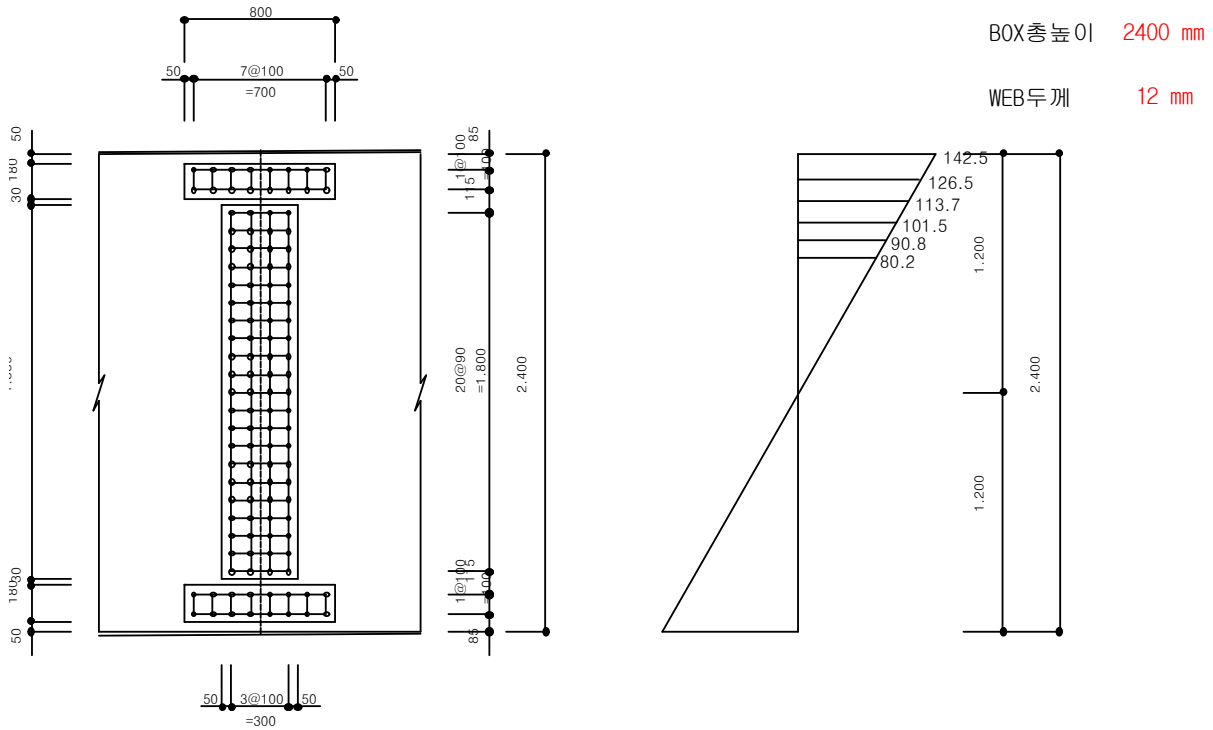
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1818.0 \times 1000}{2} + \frac{909.8 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 18675.3 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 18675.3^2} = 68768.9 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 5311.7 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 419.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 6444.0 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 505.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 5311.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 6444.0 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\
 &= \frac{419.176 \times 1E+06}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{505.702 \times 1E+06}{40398009055} \times 541.864 \\
 &= 27.797 + 6.783 = 34.581 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\
 &= \frac{419.176 \times 1E+06}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{505.702 \times 1E+06}{40398009055} \times 1888.136 \\
 &= 24.998 + 23.636 = 48.634 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K
 \end{aligned}$$

19) SPLICE - 19 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 12661.700 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 9237.590 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 278.462$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 422.336$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 477.493 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 131.0 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -132.6$ MPa

강종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

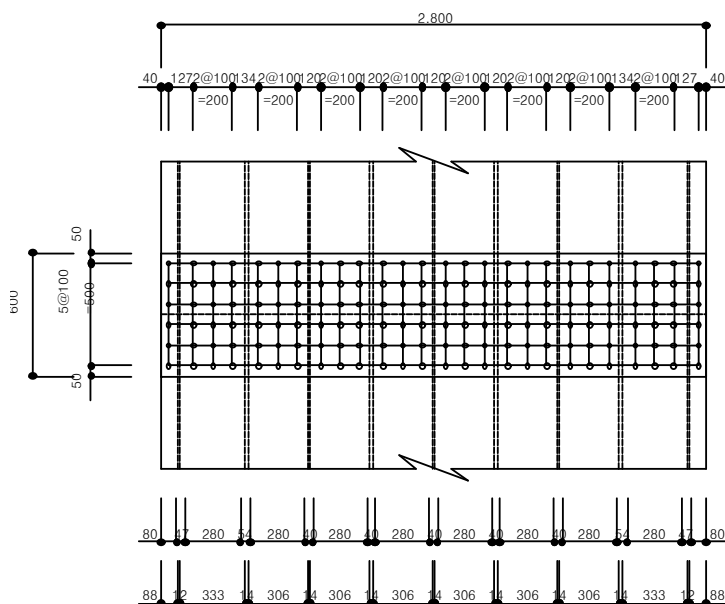
BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) $p_a = 48000 \times 2 \text{ 면마찰} = 96000 \text{ N}$

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 131.0 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.785\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{4.223\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 3209 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(278.46 kN) , S_v : 합성후 전단력(422.34 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

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

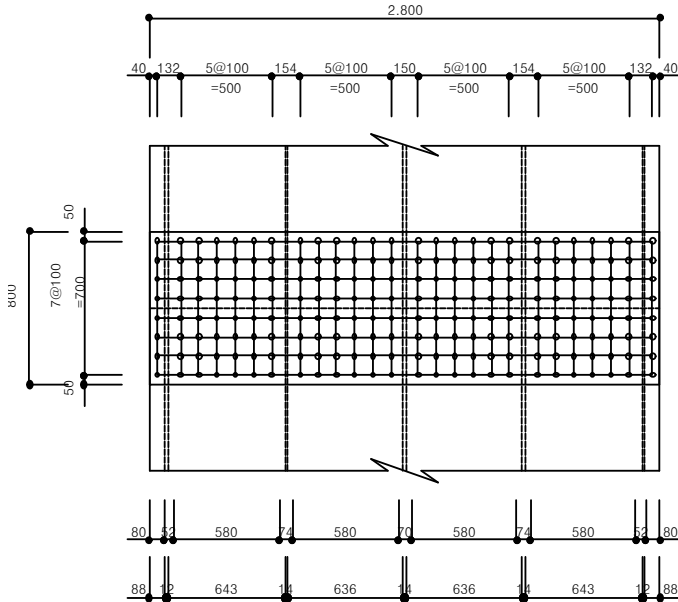
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 3209.3^2)} = 61468.5 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 132.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{2.785E+05 \times 5.754E+07}{1.76066E+11} + \frac{4.223E+05 \times 9.471E+07}{3.49936E+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 5527 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(278.462 kN) , S_v : 합성후 전단력(422.336 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 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 5527.3^2)} = 69278.6 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

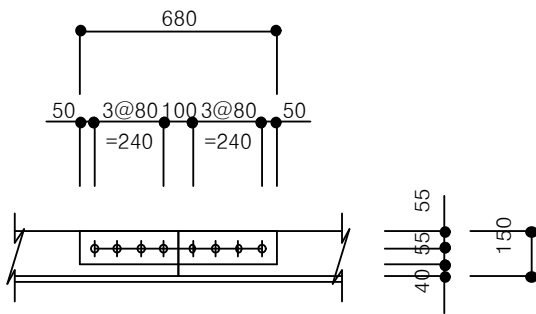
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

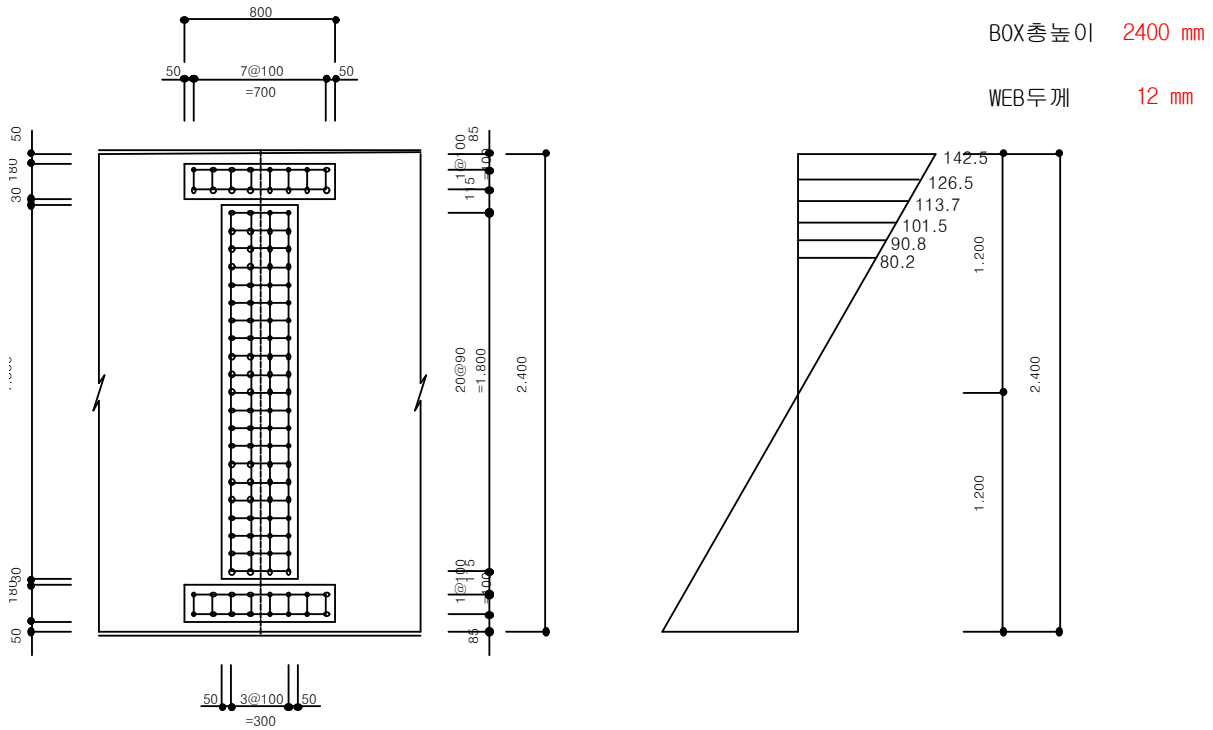
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < p a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < p a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2 b)$

$\therefore St = Mt \cdot (h/t) / (2 b h/t)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = b h$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{700.8 \times 1000}{2} + \frac{477.5 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58 EA = 7617.3 \text{ N/EA} < p a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 7617.3^2} = 66621.4 \text{ N/EA} < p a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 12661.7 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 999.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{sv}'}{I_v} = 9237.6 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 724.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 12661.7 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 9237.6 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.76066E+11 mm⁴

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.49936E+11 mm⁴

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm ²)	Y (mm)	AY (mm ³)	AY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)
4-PL 180 × 10	7200.0	1060.0	7632000.00	8089920000.0	19440000.0
2-PL 1880 × 10	37600.0	-	-	-	11074453333.3
Σ	44800.0			8089920000.0	11093893333.3

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{su} = 1279.4 \text{ mm} \quad Y_{sl} = 1150.6 \text{ mm}$$

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

$$Y_{vu} = 541.9 \text{ mm} \quad Y_{vl} = 1888.1 \text{ mm}$$

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{999.205 \times 1E+06}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{724.933 \times 1E+06}{40398009055} \times 541.864 \\ &= 66.262 + 9.724 = 75.985 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{999.205 \times 1E+06}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{724.933 \times 1E+06}{40398009055} \times 1888.136 \\ &= 59.589 + 33.882 = 93.471 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

20) SPLICE - 20 거더:1

합성전 휨모멘트 : $M_s = 11255.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성후 휨모멘트 : $M_v = 7610.930 \text{ kN} \cdot \text{m}$

합성전 전단력 : $S_s = 532.656$ kN

합성후 전단력 : $S_v = 536.806$ kN

총 비틀림 모멘트 : $M_t = 956.944 \text{ kN} \cdot \text{m}$

상부 FLANGE의응력 : fu = 137.8 MPa

하부 FLANGE의응력 : $f_1 = -114.6$ MPa

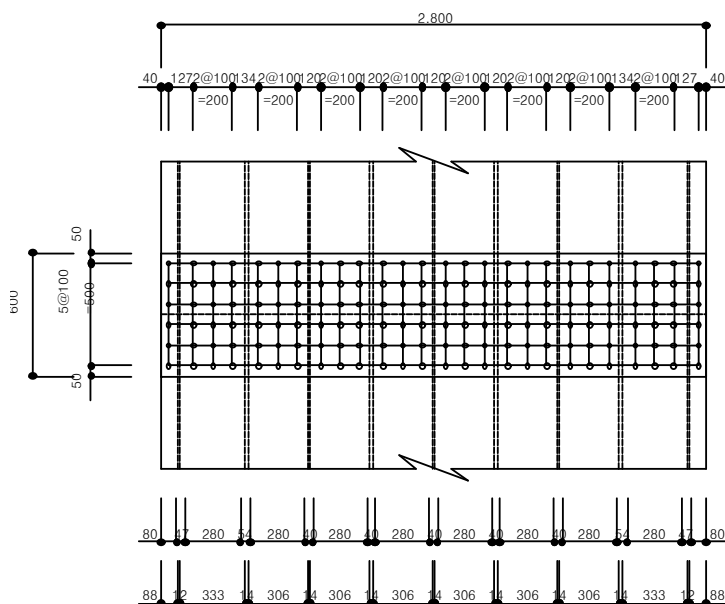
강 종 : SM490 B $f_a = 190 \text{ MPa}$ $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$

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

$$f_s = 137.8 \text{ MPa}$$
$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{☞ 도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_u)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 12 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

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

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{190.0} = 25200.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 10 \times 600 = 1600.0 \text{ mm}^2$$

$$8\text{-PL } 280 \times 10 \times 600 = 22400.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } \text{#####} 10 \times 600 = 28000.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 52000.0 \text{ mm}^2 > A_{s\text{req'd}} = 25200.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{12 \times 2800 \times 142.5}{52000.0} = 92.077 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K$$

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

$$\rho h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.327\text{E}+05 \times 4.279\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.368\text{E}+05 \times 1.801\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{3 \text{ EA}} = 5638 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(532.66 kN) , S_v : 합성후 전단력(536.81 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

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4, \quad I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2800 / 26 = 107.7 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

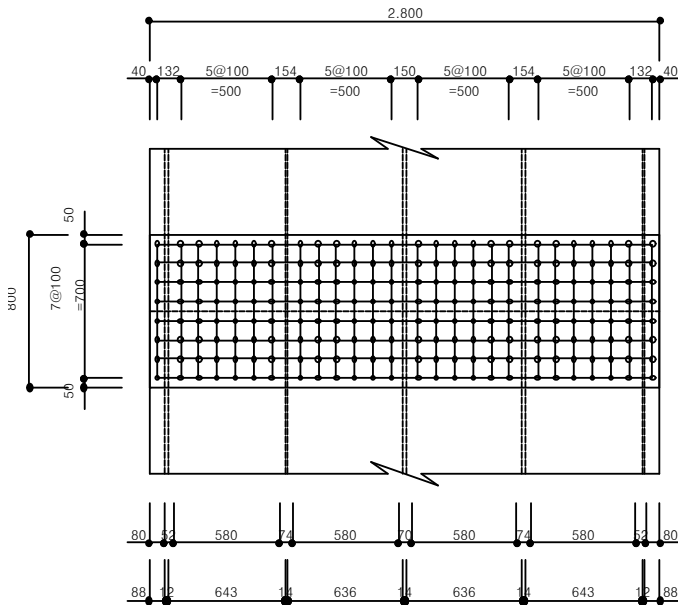
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(61384.6^2 + 5638.2^2)} = 61643.0 \text{ N/EA} < \rho_a, 0.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

$$f_s = 114.6 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190 = 142.5 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 3.5.1.1})$$

∴ 이음부의 설계응력 (f_l)은 142.5 MPa 을 적용한다.



모재두께: $T_u = 18 \text{ mm}$

모재길이: $L = 2800 \text{ mm}$

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{96000.0} \approx 75 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{18.0 \times 2800.0 \times 142.5}{190.0} = 37800.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 80 \times 14 \times 800 = 2240.0 \text{ mm}^2$$

$$4\text{-PL } 580 \times 14 \times 800 = 32480.0 \text{ mm}^2$$

$$1\text{-PL } ##### 14 \times 800 = 39200.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 73920.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

$$A_n = 73920 - 25.0 \times 14.0 \times 26 \text{ 열} \times 2 \text{ EA}$$

$$= 55720.0 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 37800.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{18 \times 2800 \times 142.5}{55720.0} = 128.9 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2800.0 \times 142.5}{104 \text{ EA}} = 69057.7 \text{ N/EA} < \rho_a \quad 0.K$$

· 횡전단 응력

$$\rho_h = \left[\frac{S_s Q_s}{I_s} + \frac{S_v Q_v}{I_v} \right] \times \frac{p}{n}$$

$$= \left[\frac{5.327\text{E}+05 \times 5.754\text{E}+07}{1.76066\text{E}+11} + \frac{5.368\text{E}+05 \times 9.471\text{E}+07}{3.49936\text{E}+11} \right] \times \frac{107.7}{4 \text{ EA}} = 8598 \text{ N/EA}$$

S_s : 합성전 전단력(532.656 kN) , S_v : 합성후 전단력(536.806 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

$$(I_s = 1.76066\text{E}+11 \text{ mm}^4 , \quad I_v = 3.49936\text{E}+11 \text{ mm}^4)$$

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = $2800 / 26 = 107.7 \text{ mm}$

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 8597.8^2)} = 69590.9 \text{ N/EA} < \rho_a , \quad 0.K$$

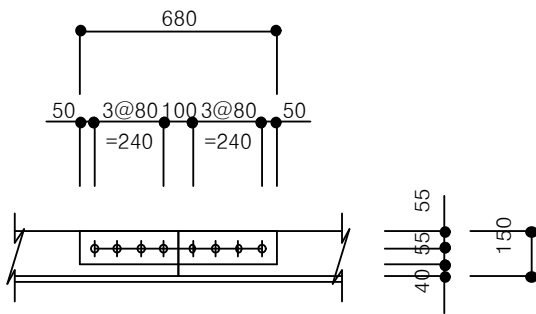
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 $A_s = 18 \times 2800 = 50400.0 \text{ mm}^2$

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 $A_{sn} : 18 \times (2800 - 25 \times 26) = 38700.0 \text{ mm}^2$

$$\text{모재의 응력 } f_l = \frac{50400.0 \times 142.5}{38700.0} = 185.6 \leq f_a \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께 : 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{A_s f_s}{p a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \approx 3.1 \text{ EA} \Rightarrow n = 4 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } A_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용이음판 : } 2\text{-PL } 110 \times 12 \times 680 = 2640.0 \text{ mm}^2$$

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

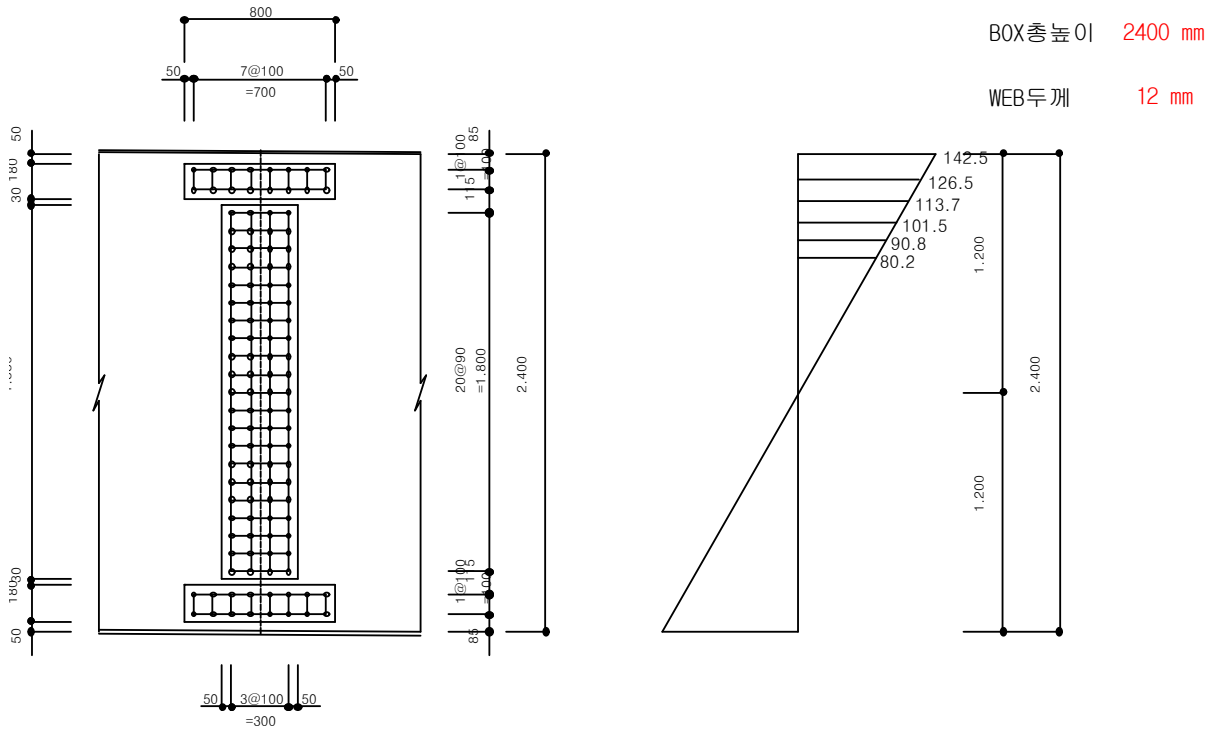
$$A_n = 2640.0 - 25.0 \times 12 \times 2 \text{ EA} = 2040 \text{ mm}^2 > A_{sreq'd} = 1575.0 \text{ mm}^2 \text{ O.K}$$

$$\text{이음판의 응력 } f_s = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2040.00} = 146.7 \text{ MPa} < f_{sa} , \text{ O.K}$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에 의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 $h_o = 1200$ mm

$$f_1 = f_u = 142.500 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 135) / h_o = 126.469 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 243) / h_o = 113.703 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 345) / h_o = 101.531 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 435) / h_o = 90.844 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 525) / h_o = 80.156 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 : } \frac{142.500 + 126.469}{2} \times 135.0 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 54466.2 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제2열 : } \frac{126.469 + 113.703}{2} \times 107.5 \times 12.0 / 4 \text{ EA} = 38727.7 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제3열 : } \frac{113.703 + 101.531}{2} \times 102.5 \times 12.0 / 2EA = 66184.5 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제4열 : } \frac{101.531 + 90.844}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 51941.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

$$\text{제5열 : } \frac{90.844 + 80.156}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 2EA = 46170.0 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 전단력에 의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(S_s + S_v) / 2$

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $St = Mt / (2b)$

$\therefore St = Mt \cdot (ht) / (2bht)$, $ut = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, $A = bh$ (도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = \left[\frac{1069.5 \times 1000}{2} + \frac{956.9 \times 1000000}{2 \times 2612.0} \right] / 58EA = 12377.8 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{66185^2 + 12377.8^2} = 67332.0 \text{ N/EA} < \rho a, 0.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$I_{sw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

$$I_{vw}' = \frac{12 \times 2400^3}{12} + 12.0 \times 2400 \times (\text{#####} - \text{#####})^2 = \text{#####} \text{ mm}^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 11255.3 \times \frac{1.38943E+10}{1.76066E+11} = 888.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{vw} = M_v \cdot \frac{I_{vw}'}{I_v} = 7610.9 \times \frac{2.74617E+10}{3.49936E+11} = 597.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{sw} : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, M_s 11255.3 kN · m

M_{vw} : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, M_v 7610.9 kN · m

I_s : 강재보단면의 단면2차모멘트 $I_s = 1.76066E+11 \text{ mm}^4$

I_v : 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

$$I = I_o + AY^2 = ##### + 8089920000 = ##### \text{ mm}^4$$

$$I_{sw} = ##### + 44800.00 \times (1200.00 - 1150.58)^2 = 1.92932E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{vw} = ##### + 44800.00 \times (1888.14 - 1200.00)^2 = 4.03980E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$\begin{aligned} f_u &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vu} \\ &= \frac{888.218 \times 1E+06}{19293230004} \times 1279.420 + \frac{597.279 \times 1E+06}{40398009055} \times 541.864 \\ &= 58.902 + 8.011 = 66.913 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_l &= \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl} \\ &= \frac{888.218 \times 1E+06}{19293230004} \times 1150.580 + \frac{597.279 \times 1E+06}{40398009055} \times 1888.136 \\ &= 52.970 + 27.916 = 80.886 \text{ MPa} < f_{sa}, 0.K \end{aligned}$$

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한(도.설 3.5.2.4)

t_1 : 얇은쪽 모재의 두께 (mm)

$$t_1 > S \geq \sqrt{2 \cdot t_2} \quad t_2 : \text{두꺼운쪽 모재의 두께 (mm)}$$

S : 필렛용접 치수 (mm)

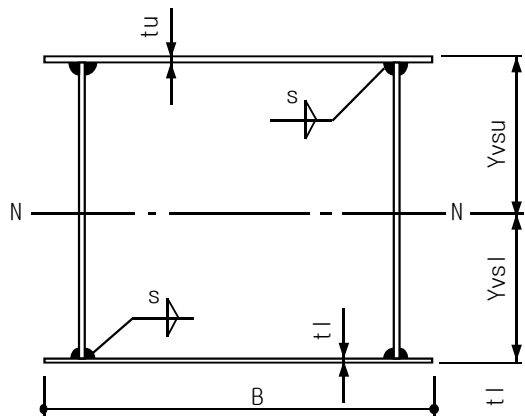
가) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

1) 필렛용접 치수 검토

t_u : 상부 플랜지 두께, t_l : 하부 플랜지 두께, t_w : 복부판 두께 (단위 : mm)

구 분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판			
	t_u	t_l	t_w	Smin	Smax	Suse	판정	Smin	Smax	Suse	판정
단면 - 1	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 2	12	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 3	12	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 4	18	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 5	24	18	12	6.9	12	7	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 6	30	24	12	7.7	12	8	OK	6.9	12	7	OK
단면 - 7	30	32	14	7.7	14	8	OK	8.0	14	8	OK
단면 - 8	12	16	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK

2) 용접부의 응력 검토



용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로교 표준시방서 P26)

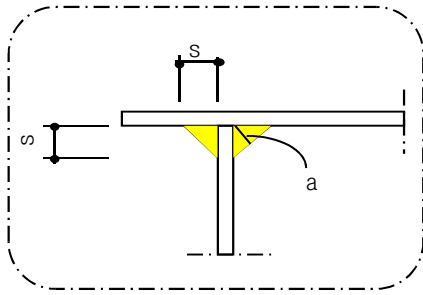
$$u = \frac{S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a} < u_a$$

u 전단 응력 (MPa)

u_a : 허용 전단 응력 (도.설 3.3.2.1)

S : 총 작용전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한



$$\text{단면 1차 모멘트 (mm}^3\text{)} = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$$

I_v : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (mm^4)

$$\Sigma a : \text{필렛 용접의 목두께의 합 (mm)} = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

응력 검토 결과

① 상부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	σ (MPa)	σ_a (MPa)	비 고
단면-1	2389.81	12	2800	33600	774	2.580E+07	2.396E+11	6	17	15.2	110	OK
단면-2	2150.9	12	2800	33600	442	1.464E+07	2.871E+11	6	17	6.5	110	OK
단면-3	1878.23	12	2800	33600	542	1.801E+07	3.499E+11	6	17	5.7	110	OK
단면-4	2622.78	18	2800	50400	564	2.799E+07	3.819E+11	6	17	11.3	110	OK
단면-5	2829.48	24	2800	67200	923	6.119E+07	2.659E+11	7	20	32.9	110	OK
단면-6	3443.2	30	2800	84000	992	8.205E+07	3.064E+11	8	23	40.7	110	OK
단면-7	3765.57	30	2800	84000	1104	9.149E+07	3.507E+11	8	23	43.4	110	OK
단면-8	1537.35	12	2800	33600	510	1.692E+07	3.297E+11	6	17	4.6	110	OK

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsl} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	σ (MPa)	σ_a (MPa)	비 고
단면-1	2389.81	12	2800	33600	1450	4.852E+07	2.396E+11	6	17	28.5	110	OK
단면-2	2150.9	12	2800	33600	1982	6.641E+07	2.871E+11	6	17	29.3	110	OK
단면-3	1878.23	18	2800	50400	1888	9.471E+07	3.499E+11	6	17	30.0	110	OK
단면-4	2622.78	18	2800	50400	1872	9.388E+07	3.819E+11	6	17	38.0	110	OK
단면-5	2829.48	18	2800	50400	1520	7.613E+07	2.659E+11	6	17	47.7	110	OK
단면-6	3443.2	24	2800	67200	1462	9.745E+07	3.064E+11	7	20	55.3	110	OK
단면-7	3765.57	32	2800	89600	1358	1.202E+08	3.507E+11	8	23	57.1	110	OK
단면-8	1537.35	16	2800	44800	1918	8.559E+07	3.297E+11	6	17	23.5	110	OK

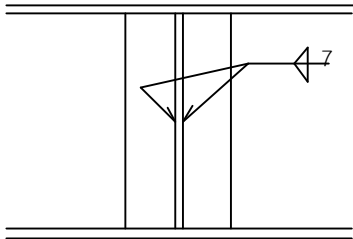
나) 지점부 보강재 용접부 검토

· 교대부

$$R_{\max} = 2596.935 \text{ kN}$$

$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2200$$



$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\sum a \cdot l} = \frac{2596.935 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times 4.95 \times 2200}$$

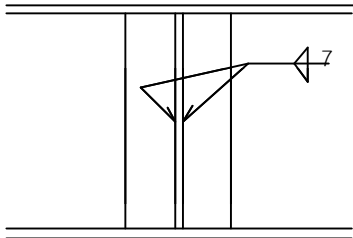
$$= 29.810 \text{ MPa} \leq U a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$

· 교각부

$$R_{\max} = 7059.717 \text{ kN}$$

$$\text{필렛용접 치수 } s = 7.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용보강재 : } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2400$$



$$\text{용접 목두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.95 \text{ mm}$$

$$U = \frac{P}{\sum a \cdot l} = \frac{7059.717 \times 10^3}{8 \text{ EA} \times 4.95 \times 2400}$$

$$= 74.285 \text{ MPa} \leq U a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K}$$

6. 사용성 검토

6.1 피로 검토 (도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로, 국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 f_{sr} (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

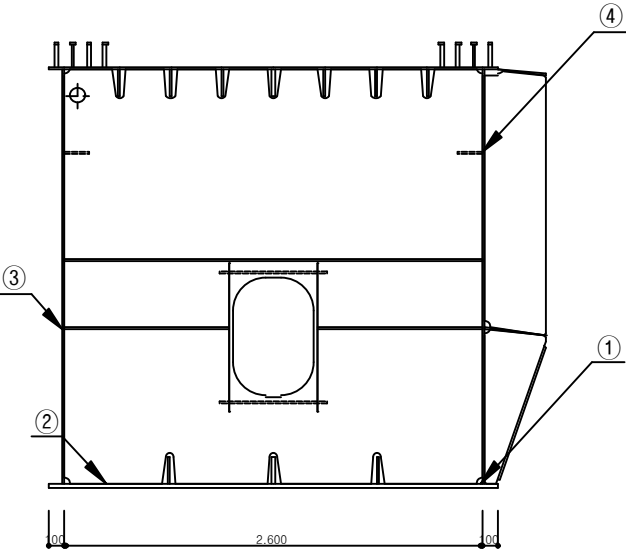
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



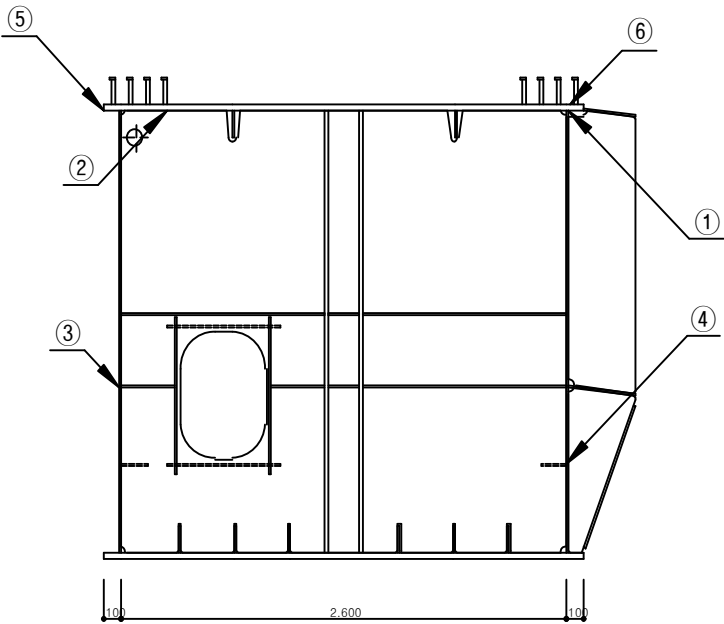
본 교량은 **주간선도로**에 속하는 **다재하경로** 구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



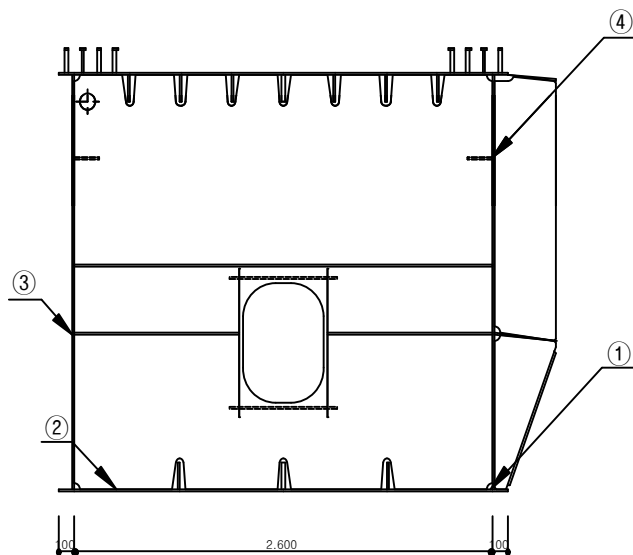
구분	상세	응력 범주	fsr (MPa)		비고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	전단피로검토
		F	63	84	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf : 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

$\Delta M = M_{\max} - M_{\min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	6193.612	6876.266	3.499E+11	1846.1	32.675	36.276	B	126	203	O.K.
②				1846.1	32.675	36.276	C	91	147	O.K.
③				951.1	16.834	18.689	E	56	91	O.K.
④				73.9	1.308	1.452	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	4264.365	8910.851	3.507E+11	1104.2	13.428	28.060	B	126	203	O.K.
②				1104.2	13.428	28.060	C	91	147	O.K.
③				370.8	4.509	9.423	E	56	91	O.K.
④				785.8	9.556	19.969	E	56	91	O.K.
⑤				1119.2	13.611	28.441	E	56	91	O.K.
⑥				1134.2	13.793	28.822	C	91	147	O.K.

단면 III

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5544.686	6389.882	3.297E+11	1878.4	31.594	36.410	B	126	203	O.K.
②				1878.4	31.594	36.410	C	91	147	O.K.
③				983.4	16.541	19.062	E	56	91	O.K.
④				41.6	0.700	0.806	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 101 을 설정 하였음

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

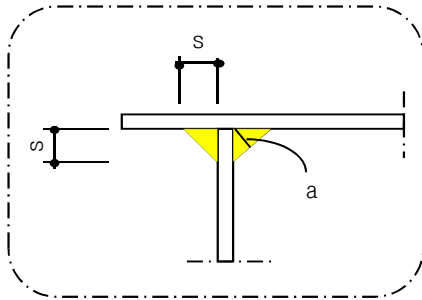
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(I) - t_u(I)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필렛 용접의 목두께의 합 ($\text{mm} = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필렛 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1530.033	30	2800	84000	1092	9.157E+07	#####	8	22.6	17.4	63	OK
DL하중	1878.2									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)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1530.033	32	2800	89600	1370	1.226E+08	#####	8	22.6	23.4	63	OK
DL하중	1878.2									28.7	84	OK

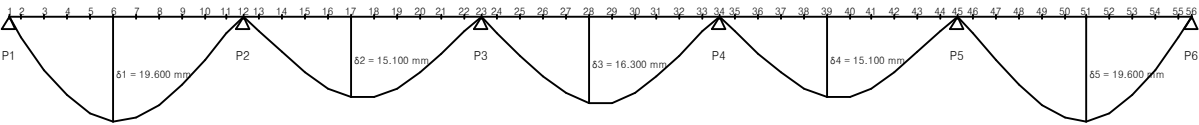
6.2 처짐 검토

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	-3.748	-9.957	-14.900	-18.100	-19.600	-19.000	-16.700	-12.900	-8.170
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-3.221	0.000	-2.556	-6.554	-10.400	-13.400	-15.100	-15.100	-13.600	-10.600
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	-6.828	-2.714	0.000	-2.917	-7.315	-11.400	-14.500	-16.300	-16.300	-14.500
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
처 짐 량	-11.400	-7.307	-2.912	0.000	-2.708	-6.818	-10.600	-13.600	-15.100	-15.100
절점NO.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
처 짐 량	-13.400	-10.400	-6.554	-2.556	0.000	-3.222	-8.172	-12.900	-16.700	-19.000
절점NO.	51	52	53	54	55	56				
처 짐 량	-19.600	-18.100	-14.900	-9.964	-3.751	0.000				



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 51.275 m

$$\delta_1 = 19.600 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_2 = 15.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_3 = 16.300 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_4 = 15.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

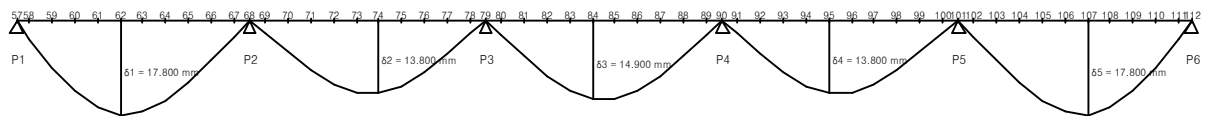
지간 길이 $L = 51.275 \text{ m}$

$$\delta_5 = 19.600 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점NO.	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
처짐량	0.000	-3.379	-8.985	-13.400	-16.500	-17.800	-17.400	-15.300	-11.800	-7.548
절점NO.	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
처짐량	-3.002	0.000	-2.358	-6.002	-9.448	-12.200	-13.700	-13.800	-12.400	-9.724
절점NO.	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
처짐량	-6.273	-2.514	0.000	-2.726	-6.781	-10.500	-13.400	-14.900	-14.900	-13.400
절점NO.	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
처짐량	-10.500	-6.781	-2.726	0.000	-2.513	-6.273	-9.724	-12.400	-13.800	-13.700
절점NO.	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
처짐량	-12.200	-9.448	-6.002	-2.359	0.000	-3.002	-7.549	-11.800	-15.300	-17.400
절점NO.	107	108	109	110	111	112				
처짐량	-17.800	-16.500	-13.400	-8.982	-3.377	0.000				



◆ 허용 처짐량

지간 길이 $L = 51.275 \text{ m}$

$$\delta_1 = 17.800 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 13.800 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_3 = 14.900 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 52.000 m

$$\delta_4 = 13.800 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

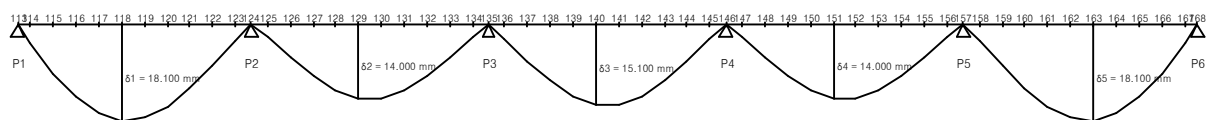
지간 길이 L = 51.275 m

$$\delta_5 = 17.800 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 3 >

(단위 : mm)

절점NO.	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
처짐량	0.000	-3.458	-9.191	-13.700	-16.800	-18.100	-17.600	-15.400	-12.000	-7.613
절점NO.	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
처짐량	-3.023	0.000	-2.379	-6.081	-9.619	-12.400	-14.000	-14.000	-12.600	-9.877
절점NO.	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
처짐량	-6.335	-2.536	0.000	-2.741	-6.830	-10.600	-13.500	-15.100	-15.100	-13.500
절점NO.	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
처짐량	-10.600	-6.827	-2.740	0.000	-2.535	-6.333	-9.868	-12.600	-14.000	-14.000
절점NO.	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162
처짐량	-12.400	-9.616	-6.079	-2.378	0.000	-3.023	-7.612	-12.000	-15.400	-17.600
절점NO.	163	164	165	166	167	168				
처짐량	-18.100	-16.800	-13.700	-9.191	-3.458	0.000				



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 51.275 m

$$\delta_1 = 18.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 14.000 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_3 = 15.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 52.000 \text{ m}$

$$\delta_4 = 14.000 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 52.0 \text{ m} / 500 = 104.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 51.275 \text{ m}$

$$\delta_5 = 18.100 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 51.3 \text{ m} / 500 = 102.55 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$