

장암교

1. 설계기준

1) 교량제원

- i) 교량명 : 장암교
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : $L = 40 + 4 \times 50 + 40 = 280\text{m}$
- v) 교량폭원 : $B = 19.500$
- vi) 주형제원 : $B = 2.500$ $H = 1.500 \sim 3.000$
- vii) 사각 : 0.0°

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 $f_{ck} = 25.6 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_c = 8500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 26294 \text{ MPa}$
- ii) 철근(SD40) 항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$
탄성계수 $E_s = 200000 \text{ MPa}$

iii) 강재

- 주부재 : SWS50(SM490) 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지정보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SWS41(SM400) 사용 (지점부외 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	215	270
40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)
75 초과 100 이하			195 (215)	250 (270)

* 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	$140 : \ell / r \leq 18.6$ $140-0.82(\ell / r-18.6) :$ $18.6 < \ell / r \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell / r)^2} :$ $92.8 < \ell / r$	$190 : \ell / r \leq 16$ $190-1.29(\ell / r-16) :$ $16 < \ell / r \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell / r)^2} :$ $80.1 < \ell / r$	$215 : \ell / r \leq 15.1$ $215-1.55(\ell / r-15.1) :$ $15.1 < \ell / r \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400+(\ell / r)^2} :$ $75.5 < \ell / r$	$260 : \ell / r \leq 13.7$ $260-2.19(\ell / r-13.4) :$ $13.4 < \ell / r \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell / r)^2} :$ $67.1 < \ell / r$
40 초과 75 이하	$130 : \ell / r \leq 19.4$ $130-0.73(\ell / r-19.4) :$ $19.4 < \ell / r \leq 97$	$175 : \ell / r \leq 16.6$ $175-1.15(\ell / r-16.6) :$ $16.6 < \ell / r \leq 82.8$	$200 : \ell / r \leq 15.5$ $200-1.4(\ell / r-15.5) :$ $15.5 < \ell / r \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell / r)^2} :$ $77.7 < \ell / r$	$260 : \ell / r \leq 13.7$ $260-2.07(\ell / r-13.7) :$ $13.7 < \ell / r \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell / r)^2} :$ $68.6 < \ell / r$
75 초과 100 이하	$\frac{1,200,000}{7,300+(\ell / r)^2} :$ $97 < \ell / r$	$\frac{1,200,000}{5,300+(\ell / r)^2} :$ $82.8 < \ell / r$	$195 : \ell / r \leq 15.8$ $195-1.35(\ell / r-15.8) :$ $15.8 < \ell / r \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800+(\ell / r)^2} :$ $78.9 < \ell / r$	$250 : \ell / r \leq 13.9$ $250-1.96(\ell / r-13.9) :$ $13.9 < \ell / r \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell / r)^2} :$ $69.4 < \ell / r$

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, Π 형 단면과 같이

횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

(도.설 표3.3.4(a))

강 종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판두께 (mm)				
40 이하	140	190	215	270
40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)
75 초과 100 이하			195 (215)	250 (270)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

② ① 이외의 경우

(도.설 표 3.3.4(b))

강 종		SS 400 SM400 SMA 41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
판두께 (mm)					
Aw/Ac ≤ 2	40 이하	140 : $\ell/b \leq 4.6$ 140-2.49($\ell/b-4.6$): 4.6 < $\ell/b \leq 30$	190 : $\ell/b \leq 4.0$ 190-3.91($\ell/b-4.0$): 4.0 < $\ell/b \leq 30$	215 : $\ell/b \leq 3.8$ 215-4.69($\ell/b-3.8$): 3.8 < $\ell/b \leq 27$	270 : $\ell/b \leq 3.4$ 270-6.64($\ell/b-3.4$): 3.4 < $\ell/b \leq 25$
	40 초과	130 : $\ell/b \leq 4.9$	175 : $\ell/b \leq 4.1$	200 : $\ell/b \leq 3.9$ 200-4.24($\ell/b-3.9$): 3.9 < $\ell/b \leq 27$	260 : $\ell/b \leq 3.4$ 260-6.25($\ell/b-3.4$): 3.4 < $\ell/b \leq 25$
	75 이하	130-2.21($\ell/b-4.9$): 4.9 < $\ell/b \leq 30$	175-3.48($\ell/b-4.1$): 4.1 < $\ell/b \leq 30$	195 : $\ell/b \leq 3.9$ 195-4.07($\ell/b-3.9$): 3.9 < $\ell/b \leq 27$	250 : $\ell/b \leq 3.5$ 250-5.94($\ell/b-3.5$): 3.5 < $\ell/b \leq 25$
	75 초과				
	100이하				
Aw/Ac > 2	40 이하	140 : $\ell/b \leq 9.3/K$ 140-1.24(K $\ell/b-9.3$): 9.3/K < $\ell/b \leq 30$	190 : $\ell/b \leq 8/K$ 190-1.95(K $\ell/b-8$): 8/K < $\ell/b \leq 30$	215 : $\ell/b \leq 7.5/K$ 215-2.35(K $\ell/b-7.5$): 7.5/K < $\ell/b \leq 27$	270 : $\ell/b \leq 6.7/K$ 270-3.32(K $\ell/b-6.7$): 6.7/K < $\ell/b \leq 25$
	40 초과	130 : $\ell/b \leq 9.7/K$	175 : $\ell/b \leq 8.3/K$	200 : $\ell/b \leq 7.8/K$ 200-2.12(K $\ell/b-7.8$): 7.8/K < $\ell/b \leq 27$	260 : $\ell/b \leq 6.9/K$ 260-3.12(K $\ell/b-6.9$): 6.9/K < $\ell/b \leq 25$
	75 이하	130-1.1(K $\ell/b-9.7$): 9.7/K < $\ell/b \leq 30$	175-1.74(K $\ell/b-8.3$): 8.3/K < $\ell/b \leq 30$	195 : $\ell/b \leq 7.9/K$ 195-2.04(K $\ell/b-7.9$): 7.9/K < $\ell/b \leq 27$	250 : $\ell/b \leq 6.9/K$ 250-2.97(K $\ell/b-6.9$): 6.9/K < $\ell/b \leq 25$
	75 초과				
	100이하				
비 고		Aw : 복부판의 총 단면적 (mm ²) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (mm ²) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{(3+Aw/2Ac)}$			

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

- 허용 전단응력 (MPa)

(도.설 표 3.3.5)

강 종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
판 두께 (mm)				
40 이하	80	110	125	155
40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)
75 초과 100 이하			115 (125)	145 (155)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 항 복 응 력 (MPa)

(도.설 표 3.2.3)

강 종	SS400	SM490	SM490Y	SM 570
판 두께 (mm)	SM400		SM520	
	SMA400		SMA490	SMA 570
40 이하	235	315	355	450
40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)
75 초과 100 이하			325 (355)	420 (450)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 강재들보의 허용응력 증가율

(도.설 표 3.9.4)

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

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

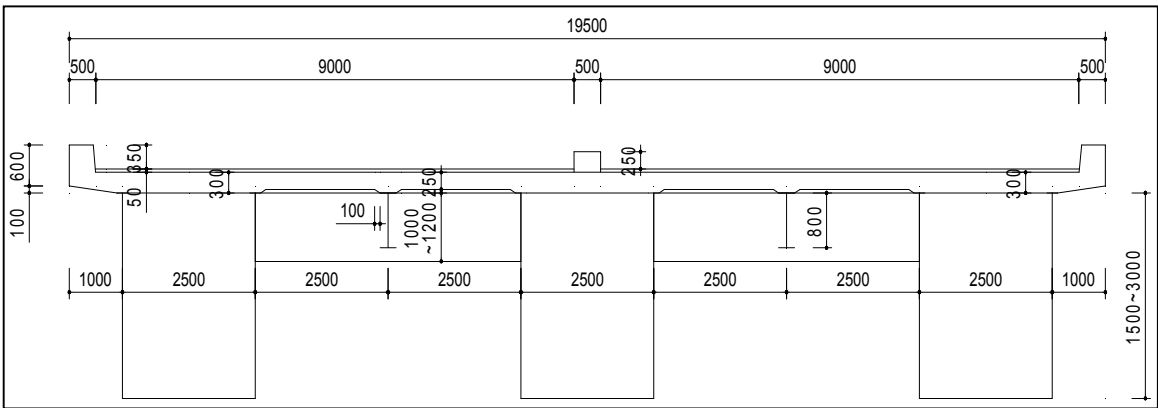
볼트의 등급 나사호칭	F 8 T	F 10 T	S 10 T	비 고
M 20	31	39	39	
M 22	39	48	48	
M 24	45	56	56	

4) 설계방법

- i) 바 락 판 : 강도 설계법
- ii) STEEL BOX GIRDER : 허용응력 설계법

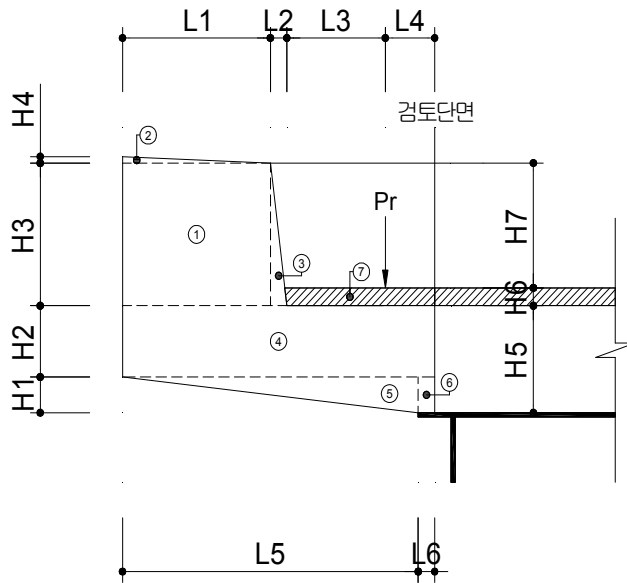
5) 참고문헌

- i) 도로교 설계기준(2010)
- ii) 콘크리트 구조기준(2012)
- iii) 도로설계 편람(2012)
- iv) 도로설계 요령(2009)
- v) 강구조 편람(1995)
- vi) 강도로교 상세부 설계지침(2006)



3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부



무근콘크리트 단위중량	23.5	kN/m ³	H1 =	0.100	m	L1 =	0.450	m
콘크리트 단위중량	25.0	kN/m ³	H2 =	0.200	m	L2 =	0.050	m
포장 단위중량	23.0	kN/m ³	H3 =	0.400	m	L3 =	0.300	m
설계 속도	80.0	km/h	H4 =	0.018	m	L4 =	0.150	m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	96.0	kN	H5 =	0.300	m	L5 =	0.900	m
곡선 반경(R)	∞	m	H6 =	0.050	m	L6 =	0.050	m
			H7 =	0.350	m			

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.450 \times 0.400 \times 25.0 = 4.500$	0.725	3.263
2	$\frac{1}{2} \times 0.450 \times 0.018 \times 25.0 = 0.101$	0.800	0.081
3	$\frac{1}{2} \times 0.050 \times 0.400 \times 25.0 = 0.250$	0.483	0.121
4	$0.950 \times 0.200 \times 25.0 = 4.750$	0.475	2.256
5	$\frac{1}{2} \times 0.900 \times 0.100 \times 25.0 = 1.125$	0.350	0.394
6	$0.050 \times 0.100 \times 25.0 = 0.125$	0.025	0.003
7	$0.450 \times 0.050 \times 23.0 = 0.518$	0.225	0.116
8	난간 = 1.000	0.725	0.725
TOTAL	12.369		6.959

$$\therefore Md = 6.959 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중

- DB-24

윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.15 + 1.14 = 1.260 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.150 \text{ m}$$

충격계수

(도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.15) = 0.374 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$MI+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.26) \times 0.15 \times (1 + 0.3) = 14.857 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

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

$$H = (V / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 \\ = (80.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 15.833 \text{ N/m}$$

$$\text{작용높이 } h = 1.350 \text{ m}$$

$$Mco = 15.833 \times 1.350 = 21.375 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$\text{작용높이 } h = 0.568 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 0.568 = 5.680 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$Mco = 21.375 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 풍하중 (방호벽 높이 + 방음벽 높이)

$$Pw = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 0.368 \text{ m} = 1.104 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 1.104 \text{ kN/m} \times 0.384 \text{ m} = 0.424 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 하중 조합

(도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \text{① } Mu1 &= 1.3 Md + 2.15 MI+i \\ &= 1.3 \times 6.959 + 2.15 \times 14.857 \\ &= 40.989 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{② } Mu2 &= 1.3 Md + 1.3 MI+i + 1.3 Mco \\ &= 1.3 \times 6.959 + 1.3 \times 14.857 + 1.3 \times 21.375 \\ &= 56.148 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{③ } Mu3 &= 1.3 Md + 1.3 MI+i + 0.65 Mw \\ &= 1.3 \times 6.959 + 1.3 \times 14.857 + 0.65 \times 0.424 \\ &= 28.636 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{④ } Mu4 &= 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco \\ &= 1.2 \times 6.959 + 1.2 \times 0.424 + 1.2 \times 21.375 \\ &= 34.509 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{⑤ } Mu5 &= 1.3 Md + 1.3 Mw \\ &= 1.3 \times 6.959 + 1.3 \times 0.424 \\ &= 9.598 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

바) 바닥판의 최소 두께 ($X \leq 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = \{(280 \times 0.15) + 180\} = 222 \text{ mm} < 250 \text{ mm} \Rightarrow \underline{250 \text{ mm}} \text{ 사용}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 25.6 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \mu &= 56.148 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 250 \text{ mm} \\ d' &= 40 \text{ mm} & d &= 210 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 & \beta_1 &= 0.85 \end{aligned}$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0184 A_s = 29.206 \text{ mm} \\ \mu &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.13 A_s^2 + 71400 A_s \\ &= 56148000 \\ \epsilon_t &= 0.003 \times (H - a / \beta_1 - D_{c_min}) / (a / \beta_1) = 0.01534 > 0.004 \end{aligned}$$

0.K. !!

$$\therefore \epsilon_t > 0.005 \quad \phi_f = 0.85$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Req'd } A_s &= 815.5 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1087.3 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 420.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times b \times d = 735.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 664.1 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 125 &= 1588.8 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

0.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0076 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0208 \quad 0.K. !!$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 34.360 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 29.206 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 195.397 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 105.552 \text{ kN} \cdot \text{m} > \mu = 56.148 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.K. \end{aligned}$$

· 배력철근의 계산

(도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.500} = 76 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 815.493 \times 0.67 = 546.4 \text{ mm}^2$$

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

$$\text{USE } H 16 @ 150 = 1324.0 \text{ mm}^2 \quad 0.K. !!$$

◀ 사용성 검토

① 균열 검토 (도.설 4.4.9)

$$M_{max} = 21.943 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$\begin{aligned} M &= M_d + M_{l+i} + 0.3M_w = 6.959 + 14.857 + 0.127 \\ &= 21.943 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$n = E_s / E_c = 200000 / 26294 = 8$$

$$p = A_s / b d : \frac{1589}{(1000 \times 210)} = 0.00757$$

$$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0605 + \sqrt{\{(0.0605)^2 + 2 \times 0.0605\}} = 0.2926$$

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

$$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p b j d^2} = \frac{21.943 \times 1000000}{0.0076 \times 1000 \times 0.902 \times 210^2}$$

$$= 72.876 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

$$A = b \cdot h / 16 \quad EA = 1000 \times 80 / 16 = 5000.0 \text{ mm}^2$$

A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께

② 균열폭의 검토

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

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

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

$$\begin{aligned} \textcircled{c} \quad \omega &= 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{(d_c \times A)} \times 0.00001 \\ &= 1.080 \times 1.27 \times 72.876 \times \sqrt[3]{(40 \times 5000.0)} \times 0.00001 \\ &= 0.058 \text{ mm} < \omega_a = 0.160 \quad \therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

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

$$= 188.5 / 148.5 = 1.27$$

3.2 중앙부

가) 고정하중

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

$$\text{Asp. 포장} : 0.050 \text{ m} \times 23.000 \text{ kN/m}^3 = 1.150 \text{ kN/m}^2$$

$$W_d = 7.400 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{계산지간 } L = 2.500 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 8$$

$$M_d = (1/10) \cdot W_d \cdot L^2 = (1/10) \times 7.4 \times 2.5^2 = 4.625 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중

- DB-24 (Pr = 96.000 kN)

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.5) = 0.353 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{I+i} = ((L+0.6) / 9.6) \cdot Pr \cdot (1+i) = ((2.5+0.6) / 9.6) \times 96 \times (1+0.3) = 40.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

연속바닥판이므로, (☞ 도.설 3.6.1.4)

$$M_{I+i} = 0.8 \times 40.3 = 32.240 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

$$\begin{aligned} \text{① } M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} \\ &= 1.3 \times 4.625 + 2.15 \times 32.24 \quad (\text{DB-24}) = 75.329 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

라) 바닥판의 최소 두께 (☞ 도.설 3.6.1.5)

$$h_{\min} = (30 \cdot L + 130) = \{(30 \times 2.5) + 130\} = 205 \text{ mm} < 220 \text{ mm} \Rightarrow \underline{250 \text{ mm 사용}}$$

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

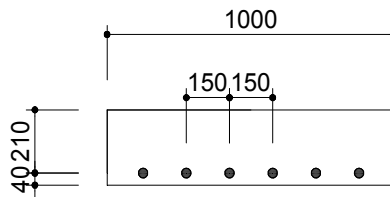
$$f_{ck} = 25.6 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 75.329 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

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

$$\phi (\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$



[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0184 A_s = 29.206 \text{ mm}$$

$$M_u = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.13 A_s^2 + 71400 A_s$$

$$= 75329000$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a / \beta_1 - D_{c_min}) / (a / \beta_1) = 0.01534 > 0.004$$

O.K. !!

$$\therefore \epsilon_t > 0.005$$

$$\phi_f = 0.85$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1108.84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1478.46 \text{ mm}^2$$

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

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

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 664.08 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.80 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{use}} = 1588.80 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !!}$$

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0076 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0208 \quad \text{O.K. !!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 34.360 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / 0.85 \times f_{ck} \times b = 29.206 \text{ mm}$$

$$j d = d - a/2 = 195.397 \text{ mm}$$

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

$$\Phi M_n = \Phi f_y \times A_s \times j d = 105.552 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 75.329 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.}$$

· 배력철근의 계산 (도.설 3.6.1.4)

$$\text{배력철근의 주철근에 대한 백분율 } 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.500} = 76 \% > 67 \%$$

$$A_s \times 67\% = 1108.841 \times 0.67 = 742.9 \text{ mm}^2$$

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

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

◀ 사용성 검토

① 균열 검토

(도.설 4.4.9)

$$M_{\max} = 36.865 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

$$M = M_d + M_{I+i} = 4.625 + 32.240 = 36.865 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 200000 / 26294 = 8$$

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

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

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

$$f_{smax} = \frac{M_{max}}{p_b j d^2} = \frac{36.865 \times 1000000}{0.0076 \times 1000 \times 0.902 \times 210^2}$$

$$= 122.433 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

$$A = b \cdot h / 16 \quad EA = 1000 \times 80 / 16 = 5000.000 \text{ mm}^2$$

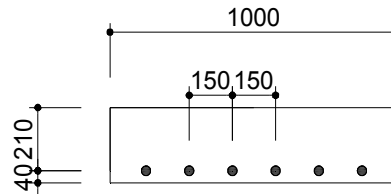
A : 주인장철근 주위의 콘크리트

단면적을 철근의 수량으로 나눈

유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이

위치한 철근 중심까지의 피복두께



② 균열폭의 검토

㉞ $\omega_a = 0.0050 \times t_c$ (철근 콘크리트 일반 환경 조건)

여기서, t_c : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

㉞ $\omega_a = 0.0050 \times 32 = 0.16$

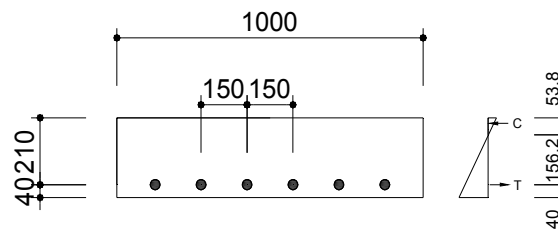
㉞ $\omega = 1.080 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{\frac{d_c \times A}{40 \times 5000.0}} \times 0.00001$

$$= 1.080 \times 1.27 \times 122.433 \times \sqrt[3]{\frac{40 \times 5000.0}{40 \times 5000.0}} \times 0.00001$$

$$= 0.098 \text{ mm} < \omega_a = 0.160 \quad \therefore \text{O.K}$$

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

$$= 188.5 / 148.5 = 1.27$$

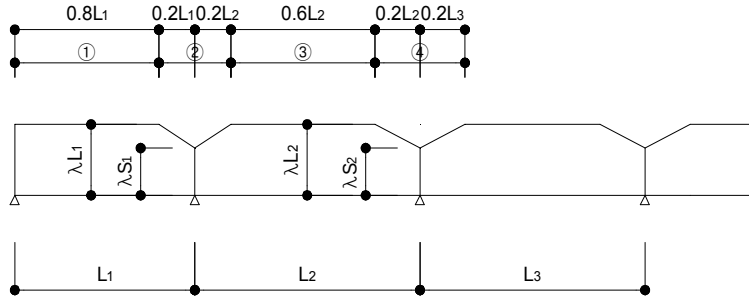


4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

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

가) 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



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

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

$L_1 = 39.600$ m

$L_2 = 50.000$ m

$L_3 = 50.000$ m

$L_4 = 50.000$ m

$L_5 = 50.000$ m

$L_6 = 39.600$ m

1. 제 1, 6 지간 중앙부

$$I = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 39.6 = 31.680 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/I = 1.25 / 31.68 = 0.039$$

여기서, $b/I \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

$$b/I = 1.25 / 31.68 = 0.039$$

여기서, $b/I \leq 0.05$ 이므로

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

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

2. 제 1, 6 중간지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (39.6 + 50) = 17.920 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 17.92 = 0.070$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.073 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.347 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 17.92 = 0.070$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.073 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.347 \text{ m}$$

3. 제 2 ~ 5 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 30 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 30 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

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

4. 제 2 ~ 5 중간지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 20 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.097 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S2 + b_e) = 2.394 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 20 = 0.063$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

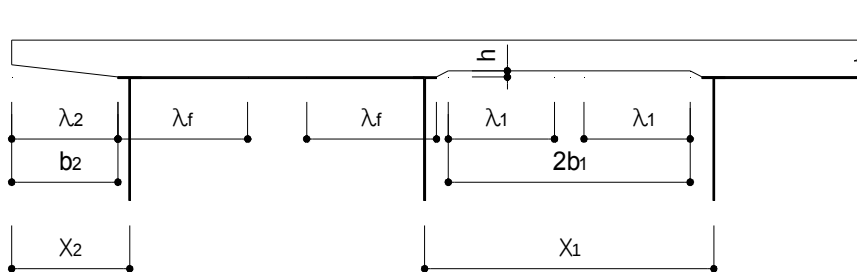
$$\lambda S2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.097 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S2 + b_e) = 2.394 \text{ m}$$

나) 바닥판 유효폭 (도.설 3.9.2.4)

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

1) GIRDER - 1, 3



$X_1 = 5.000$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.000$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현차 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.700 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1 - 0.1 = 0.900 \text{ m}$$

1. 제 1, 6 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 39.6 = 31.680 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.35 / 31.68 = 0.074$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.236 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.9 / 31.68 = 0.028$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.9 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.886 \text{ m}$$

2. 제 1, 6 중간지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (39.6 + 50) = 17.920 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.35 / 17.92 = 0.131$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.687 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.9 / 17.92 = 0.050$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.82 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.904 \text{ m}$$

3. 제 2 ~ 5 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.35 / 30 = 0.078$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.217 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.9 / 30 = 0.030$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.9 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.867 \text{ m}$$

4. 제 2 ~ 5 중간지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.35 / 20 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.753 \text{ m}$$

$$b2 / l = 0.9 / 20 = 0.045$$

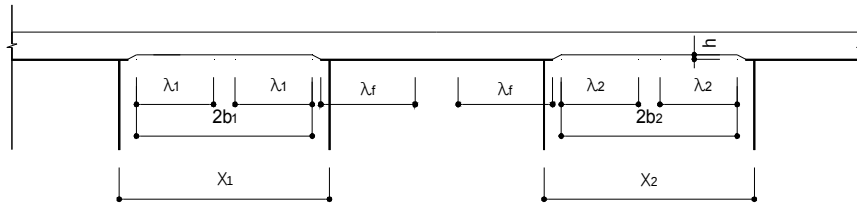
여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.833 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.030 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



X1 = 5.000 : GIDER 1, 2 의 복부사이의 간격

X2 = 5.000 : GIDER 2, 3 의 복부사이의 간격

$h = 0.050$: 현치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.700 \text{ m}$$

$$2b_2 = X_2 - 2(b_e + h) = 5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.700 \text{ m}$$

1. 제 1, 6 지간 중앙부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 39.6 = 31.680 \text{ m}$$

$$b1 / I = 2.35 / 31.68 = 0.074$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.236 \text{ m}$$

$$b_2 / 1 = 2.35 / 31.68 = 0.074$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.236 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + 2 \times h = 7.272 \text{ m}$$

2. 제 1, 6 중간지점부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (39.6 + 50) = 17.920 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.35 / 17.92 = 0.131$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.687 \text{ m}$$

$$b2 / l = 2.35 / 17.92 = 0.131$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.687 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 5.821 \text{ m}$$

3. 제 2 ~ 5 지간 중앙부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.35 / 30 = 0.078$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.217 \text{ m}$$

$$b2 / l = 2.35 / 30 = 0.078$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.217 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 7.234 \text{ m}$$

4. 제 2 ~ 5 중간지점부

$$l = 0.2 \times (L2 + L3) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 2.35 / 20 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.753 \text{ m}$$

$$b2 / l = 2.35 / 20 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 3.507 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + 2 \times h = 6.000 \text{ m}$$

4.2 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중

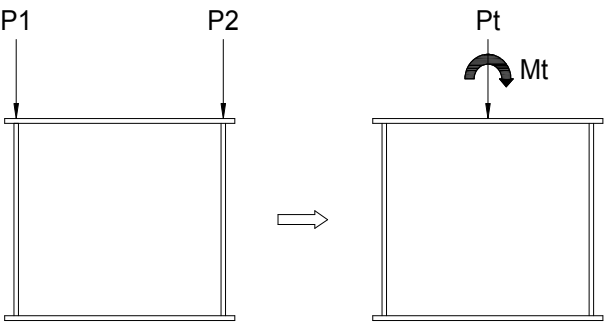
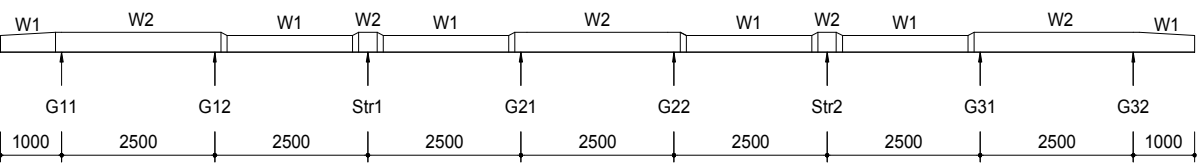
가) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 21.533 % 할증적용

총강재중량 / 모델링 강재중량 = 1582.779 kN / 1302.345 kN = 1.21533

나) 바닥판 콘크리트

W1 = 0.250 x 25.000 = 6.250 kN/㎡

W2 = 0.300 x 25.000 = 7.500 kN/㎡



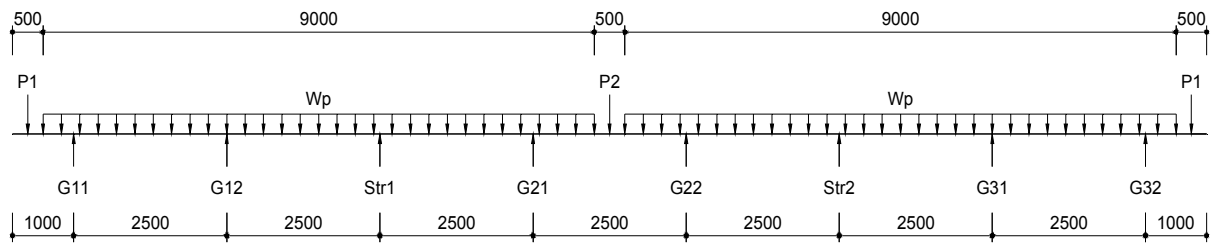
합성전		G - 1	G - 2	G - 3	Str - 1	Str -2	비고
거더폭		2.500	2.500	2.500	-	-	m
합성전	P1	16.313	17.377	17.377	16.121	16.121	kN/m
	P2	17.377	17.377	16.313	-	-	kN/m
	Pt	33.690	34.754	33.690	16.121	16.121	kN/m
	Mt	1.330	0.000	-1.330	-	-	kN · m/m

2) 합성후 고정하중

연 석 1 : P1 = 6.625 kN (난간 포함)

방호벽 2 : P2 = 4.750 kN (가드레일, 차광판 포함)

포 장 : Wp = 0.050 x 23.000 = 1.150 kN/m



합성후		G - 1	G - 2	G - 3	Str - 1	Str - 2	비고
거더폭		2.500	2.500	2.500	-	-	m
합성후	P1	8.638	4.962	2.875	2.875	2.875	kN/m
	P2	2.875	4.962	8.638	-	-	kN/m
	Pt	11.513	9.924	11.513	2.875	2.875	kN/m
	Mt	-7.204	0.000	7.204	-	-	kN · m/m

3) 활하중

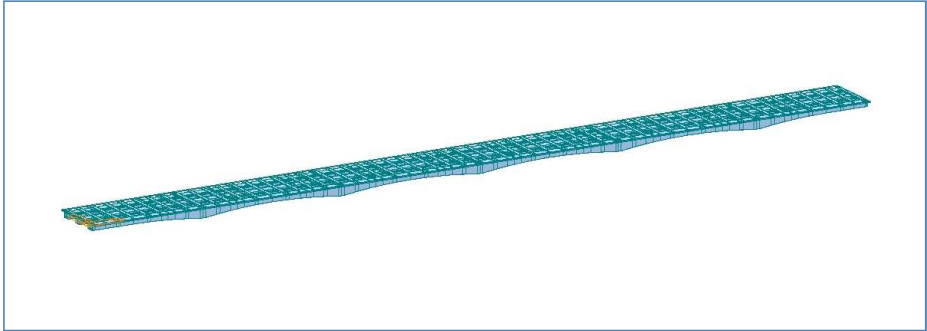
- 프로그램내에서 Moving Load로 자동재하

4) 지점침하

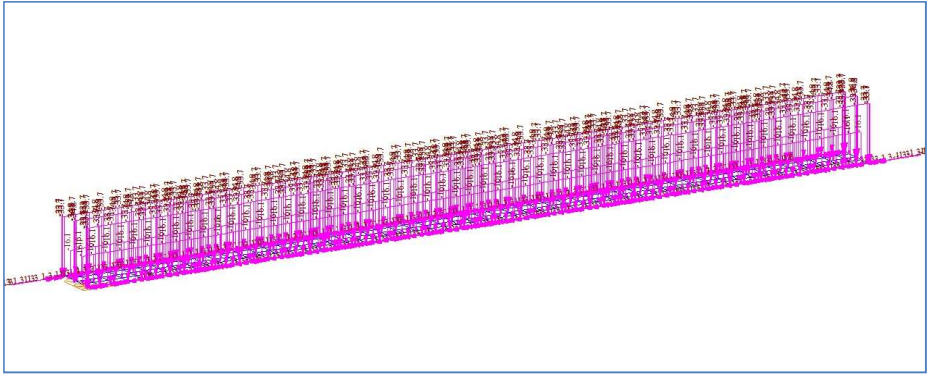
- 부등침하 : $\delta = 10.000 \text{ mm}$

4.3 하중재하도

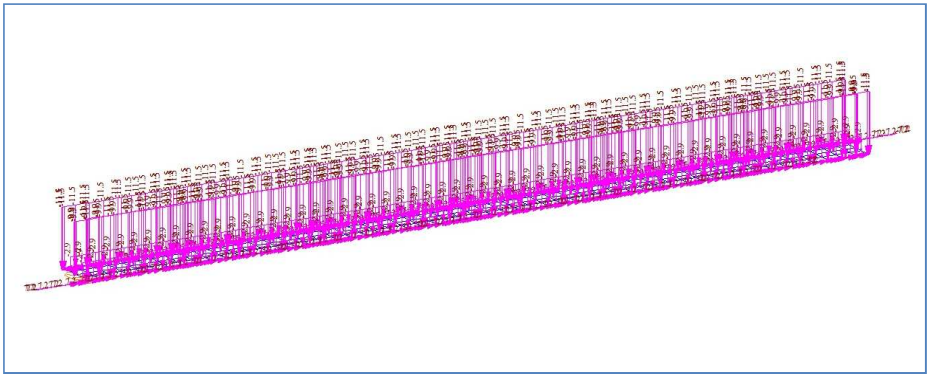
1) 모델링



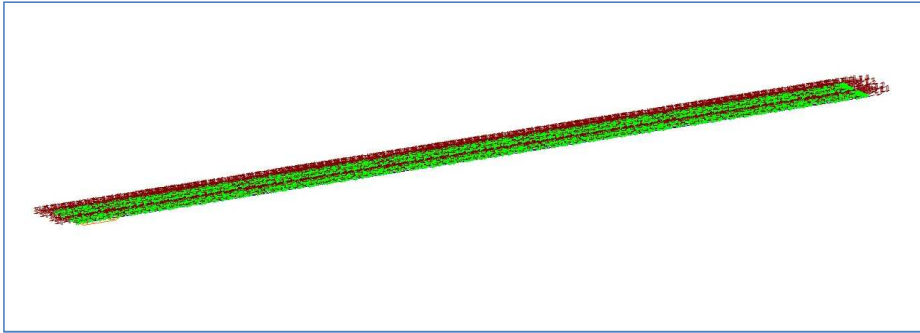
2) 합성전 고정하중



3) 합성후 고정하중

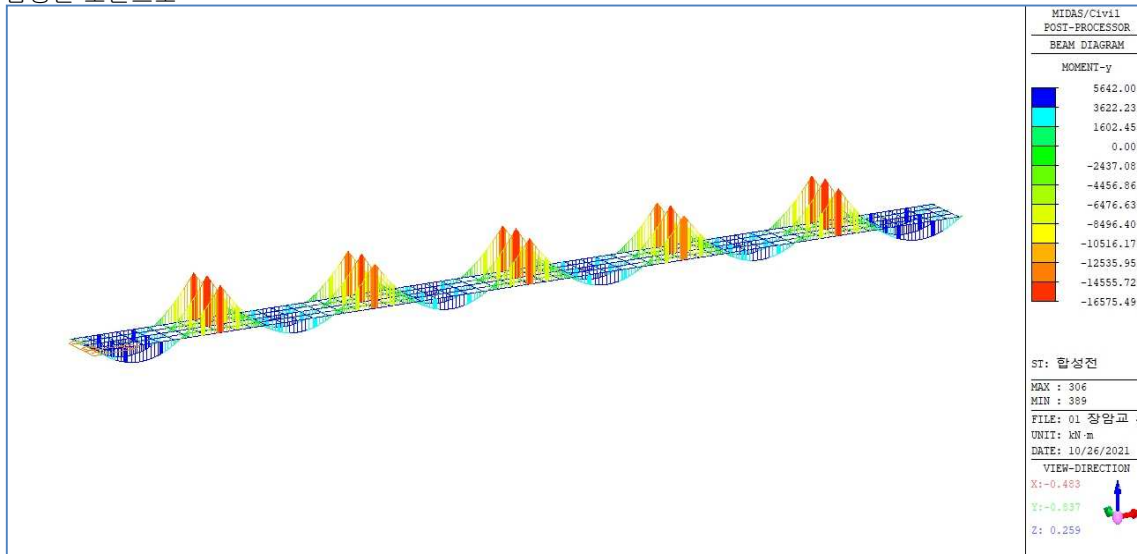


4) 활하중

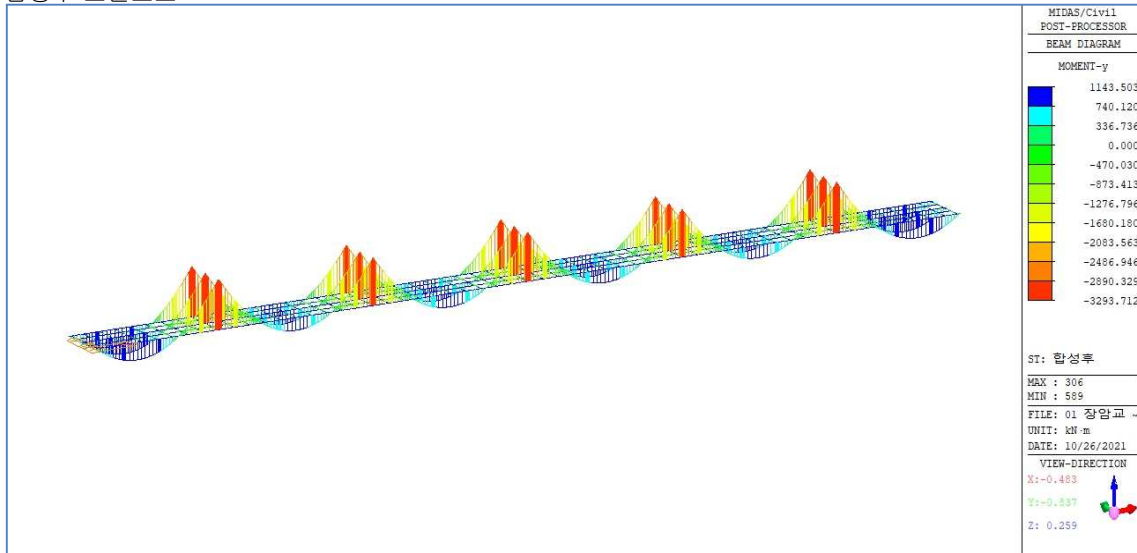


4.4 단면력도

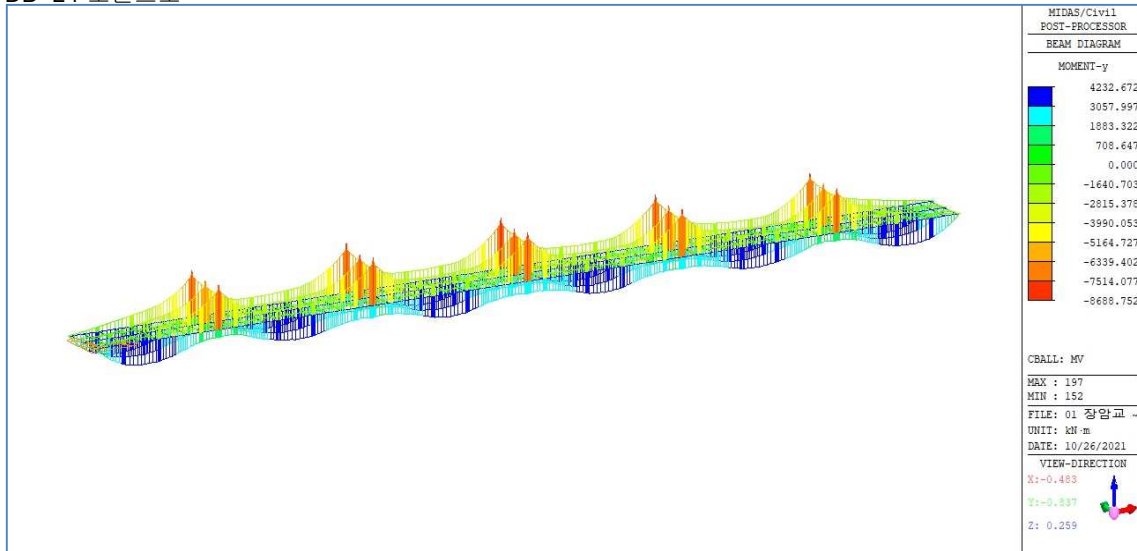
1) 합성전 모멘트도



2) 합성후 모멘트도



3) DB- 24 모멘트도



4.5 부재력 요약

1. G1 - 외측경간(S6)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	5424.250	1130.030	4181.450	528.070	11263.800	197j
전단력	-107.170	-19.110	458.890	36.310	368.920	197j
비틀림모멘트	11.490	15.640	-1006.150	-0.060	-979.080	197j

2. G2 - 외측경간(S6)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	5631.820	1140.760	3701.770	551.610	11025.960	397j
전단력	-110.230	-23.780	313.630	38.410	218.030	397j
비틀림모멘트	0.000	0.000	626.460	0.000	626.460	397j

3. G3 - 외측경간(S6)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	5424.250	1130.030	3997.780	528.070	11080.130	597j
전단력	-107.170	-19.110	301.980	36.310	212.010	597j
비틀림모멘트	-11.490	-15.640	-280.910	-0.060	-308.100	597j

4. G1 - 내측경간(S4)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	4128.480	878.500	4097.590	512.180	9616.750	160j
전단력	-36.930	-4.800	459.620	66.360	484.250	160j
비틀림모멘트	49.510	11.340	-1047.120	-0.120	-986.390	160j

5. G2 - 내측경간(S4)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	4303.000	884.650	3882.910	538.070	9608.630	360j
전단력	-36.050	-9.420	322.680	69.700	346.910	360j
비틀림모멘트	0.000	0.000	660.080	0.000	660.080	360j

6. G3 - 내측경간(S4)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	4128.480	878.500	4008.570	512.180	9527.730	560j
전단력	-36.930	-4.800	-331.030	-66.360	-439.120	560j
비틀림모멘트	-49.510	-11.340	322.490	0.120	261.760	560j

7. G1 - 지점부(P3)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	-14946.560	-3191.650	-8688.750	-1683.810	-28510.770	152i
전단력	-1501.110	-321.910	-1008.500	-66.410	-2897.930	152i
비틀림모멘트	449.770	-73.360	1721.140	0.480	2098.030	152i

8. G2 - 지점부(P5)

구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	-16575.500	-3271.790	-7317.870	-1516.060	-28681.220	389i
전단력	-1720.830	-327.430	-797.010	-38.700	-2883.970	389i
비틀림모멘트	0.000	0.000	1350.420	0.000	1350.420	389i

9. G3 - 지점부(P5)

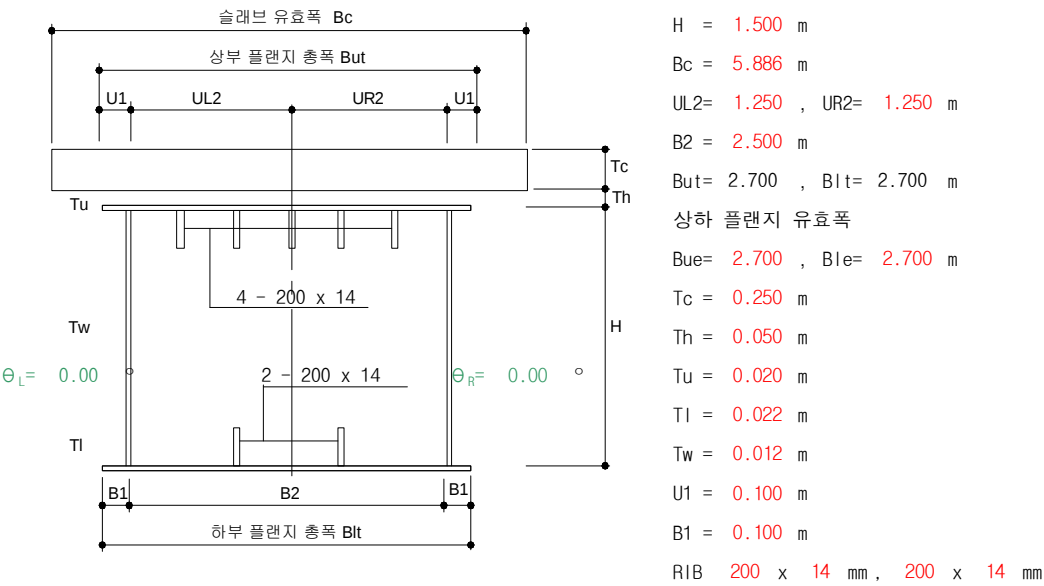
구분	고정하중		활하중	지점침하	합계	ELEMENT No.
	합성전	합성후				
휨모멘트	-14946.560	-3191.650	-8359.050	-1683.810	-28181.070	552i
전단력	-1501.110	-321.910	-838.090	-66.410	-2727.520	552i
비틀림모멘트	-449.770	73.360	-935.960	-0.480	-1312.850	552i

4.6 단면 검토

< G1 - 외측경간(S6) > 절점 198 로 부터 이격 거리 0.000

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	5424.250
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1130.030
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4709.520
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-107.170
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-19.110
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	495.200
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	11.490
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	15.640
Mvt : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-1006.210

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

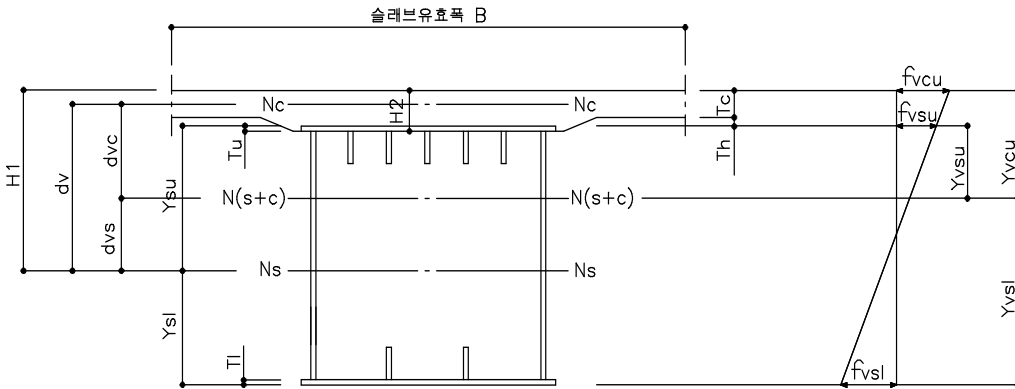
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	760.0	41040000	31190400000	1800000
4 - UPPER RIB	14.0	200.0	11200	650.0	7280000	4732000000	37333333.33
1 - L_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
1 - R_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
2 - LOWER RIB	14.0	200.0	5600	-650.0	-3640000	2366000000	18666666.67
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-761.0	-45203400	34399787400	2395800
강단면 합계			166200		-523400	72688187400	6810195800
1 - RC SLAB	5886.0	250.0	1471500	925.0	1361137500	1259052187500	7664062500

$$* A_s = 166200 \text{ mm}^2, A_c = 1471500 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 72688187400 + 6810195800.0 = 79498383200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = \frac{-523400}{166200} = -3.149 \text{ mm}$$

$$|s| = |s^1| - A_s \cdot \delta s^2 = 79498383200 - 166200 \times -3.149^2 = 79496734899 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1500.0 / 2 + 20.0 - -3.149 = 773.149 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 773.149 - 1542.000 = -768.851 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 3820752.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 52.754 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -52.461 \text{ MPa}$$

$$\sigma = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 3.102 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 350436.9 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 959567109 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 928.1 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 440.2 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 488.0 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 565.2 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 315.2 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 285.2 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1256.811 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 155728291739 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 3860065.9 \text{ mm}^2 \\
 f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.513 \text{ MPa} \\
 f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.286 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.069 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -9.120 \text{ MPa} \\
 u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.700 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
 f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.140 \text{ MPa} \\
 f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.193 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.625 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -38.008 \text{ MPa} \\
 u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 24.617 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 258318.4 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 597.2 \text{ mm} & K = 0.490 \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 331.0 \text{ mm} \\
 Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 722.2 \text{ mm} \\
 Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 472.2 \text{ mm} \\
 Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H/2 + T_u = 442.2 \text{ mm} \\
 Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1099.8 \text{ mm} \\
 I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 131033812993 \text{ mm}^4 \\
 N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 588489 \text{ N} \\
 P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 588489 \text{ N} \\
 M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 351424031 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\
 f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.513 \text{ MPa} \\
 f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.286 \text{ MPa} \\
 f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.311 \text{ MPa} \\
 f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.105 \text{ MPa} \\
 f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.859 \text{ MPa} \\
 f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.833 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 227612.295 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 677.7 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 250.4 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 802.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 552.7 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 522.7 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1019.3 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 118446726416.6 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3482077 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2359888538 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8764 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.401 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.503 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 20.401 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 5.348 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4642770 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2043695243 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.041 \text{ MPa}$$

$$fcl1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.243 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.082 \text{ MPa}$$

$$fsl1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 5.167 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 20.815 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 186.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	52.754	-52.461	186.100	190.000
1+2+3	2.654	1.480	10.800	10.800	63.448	-99.589	186.100	190.000
1+2+3+4	2.342	1.375	10.800	10.800	66.307	-98.756	214.015	190.000
1+2+3+4+5	0.941	-0.128	10.800	1.890	86.709	-93.408	214.015	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.100	-1.371	2.174	2.174	101.791	-88.242	241.930	218.500
1+2+3+4+5-6	1.983	1.115	12.420	12.420	71.626	-98.575	241.930	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.791}{241.930} \right)^2 + \left(\frac{20.815}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.177 + 0.036 = 0.213 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-99.589}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{20.815}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.275 + 0.036 = 0.311 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 5.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/73.276)} = 1.610 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/132.017)} = 1.200 < 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.513 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.654 - 0.513 = 2.140 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.513 + 2.15 \times 2.14 + (-0.311) + (-1.401) + (1.041)$$

$$= 4.598 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.513 + 2.15 \times 2.14 + (1.041)$$

$$= 6.310 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 52.754 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.069 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 63.448 - 52.754 - 2.069 = 8.624 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (52.754 + 2.069) + 2.15 \times 8.624 + (2.859) + (20.401) + (15.082)$$

$$= 128.156 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (52.754 + 2.069) + 2.15 \times 8.624 + (15.082)$$

$$= 104.895 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -52.461 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.120 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -99.589 - -52.461 - -9.12 = -38.008 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.461 + -9.12) + 2.15 \times -38.008 + (0.833) + (5.348) + (-5.167)$$

$$= -160.758 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

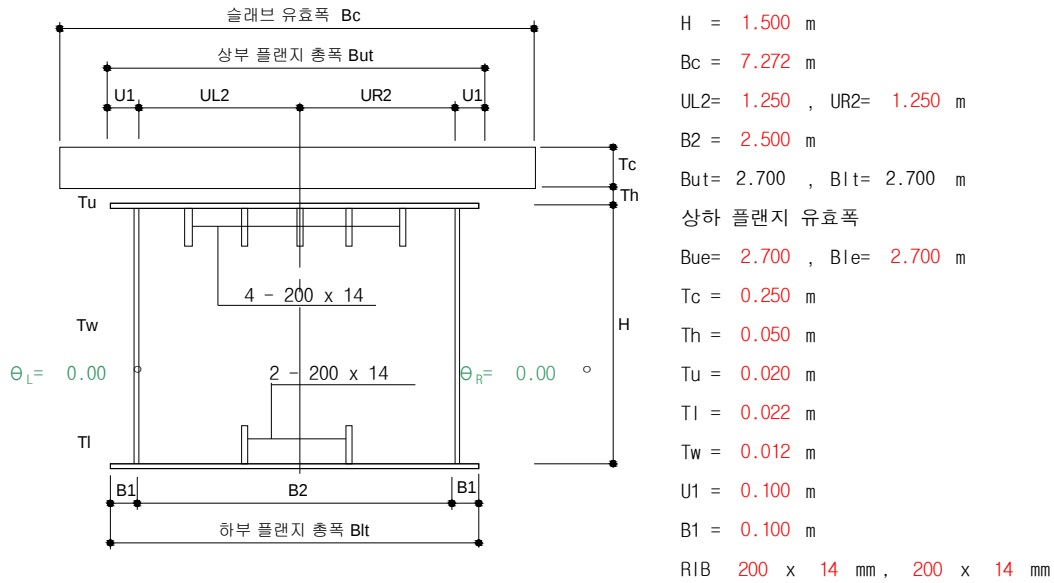
$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.461 + -9.12) + 2.15 \times -38.008 + (-5.167)$$

$$= -166.939 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G2 - 외측경간(S6) > 절점 398 로 부터 이격 거리 0.000

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	5631.820
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1140.760
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4253.380
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-110.230
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-23.780
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	352.040
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvst : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	626.460

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

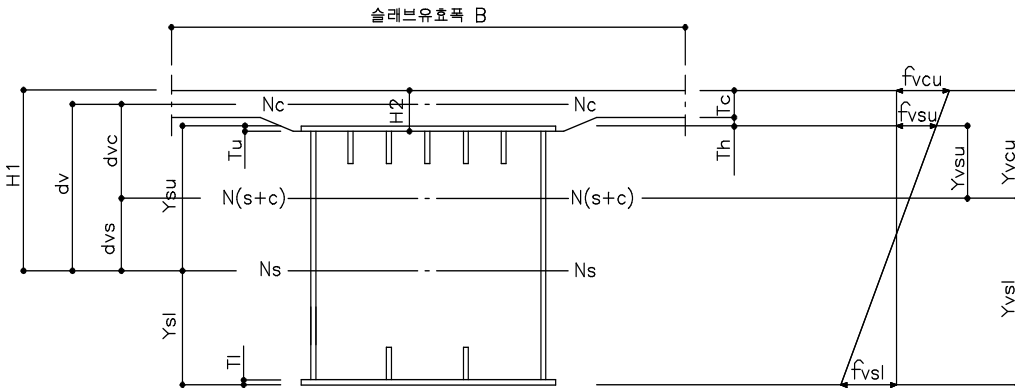
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	760.0	41040000	31190400000	1800000
4 - UPPER RIB	14.0	200.0	11200	650.0	7280000	4732000000	37333333.33
1 - L_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
1 - R_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
2 - LOWER RIB	14.0	200.0	5600	-650.0	-3640000	2366000000	18666666.67
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-761.0	-45203400	34399787400	2395800
강단면 합계			166200		-523400	72688187400	6810195800
1 - RC SLAB	7272.0	250.0	1818000	925.0	1681650000	1555526250000	9468750000

$$* A_s = 166200 \text{ mm}^2, A_c = 1818000 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 72688187400 + 6810195800.0 = 79498383200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -523400 / 166200 = -3.149 \text{ mm}$$

$$|s| = |s^1| - A_s \cdot \delta s^2 = 79498383200 - 166200 \times -3.149^2 = 79496734899 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1500.0 / 2 + 20.0 - -3.149 = 773.149 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 773.149 - 1542.000 = -768.851 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 3820752.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 54.773 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -54.468 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 3.062 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 393819.9 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 1185520220 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 928.1 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 391.7 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 536.5 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 516.7 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 266.7 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 236.7 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1305.302 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 163434385261 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 3860065.9 \text{ mm}^2 \\
 f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.452 \text{ MPa} \\
 f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.233 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.652 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -9.111 \text{ MPa} \\
 u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.661 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
 f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.684 \text{ MPa} \\
 f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.869 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.160 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -33.970 \text{ MPa} \\
 u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.541 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 280009.9 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 550.9 \text{ mm} & K = 0.510 \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 377.2 \text{ mm} \\
 Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 675.9 \text{ mm} \\
 Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 425.9 \text{ mm} \\
 Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H/2 + T_u = 395.9 \text{ mm} \\
 Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1146.1 \text{ mm} \\
 I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 138282847036 \text{ mm}^4 \\
 N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 622318 \text{ N} \\
 P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 622318 \text{ N} \\
 M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 342836933 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\
 f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.452 \text{ MPa} \\
 f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.233 \text{ MPa} \\
 f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.259 \text{ MPa} \\
 f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.060 \text{ MPa} \\
 f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.723 \text{ MPa} \\
 f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.773 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 242073.294 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 637.2 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 290.9 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 762.2 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 512.2 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 482.2 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1059.8 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 124767344722.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 4302016 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2741409674 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8764 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.268 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.385 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 23.175 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 5.896 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 5736021 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2246787089 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.878 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.098 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 16.225 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 5.413 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 12.819 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 186.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	54.773	-54.468	186.100	190.000
1+2+3	2.135	1.102	10.800	10.800	62.585	-97.549	186.100	190.000
1+2+3+4	1.876	1.042	10.800	10.800	65.308	-96.776	214.015	190.000
1+2+3+4+5	0.608	-0.343	10.800	1.890	88.483	-90.880	214.015	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.270	-1.441	2.174	2.174	104.708	-85.467	241.930	218.500
1+2+3+4+5-6	1.486	0.754	12.420	12.420	72.259	-96.293	241.930	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{104.708}{241.930} \right)^2 + \left(\frac{12.819}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.187 + 0.014 = 0.201 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-97.549}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{12.819}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.264 + 0.014 = 0.277 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 5.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.793)} = 1.553 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 1.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/110.366)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.452 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.135 - 0.452 = 1.684 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.452 + 2.15 \times 1.684 + (-0.259) + (-1.268) + (0.878)$$

$$= 3.558 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.452 + 2.15 \times 1.684 + (0.878)$$

$$= 5.085 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 54.773 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.652 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 62.585 - 54.773 - 1.652 = 6.160 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (54.773 + 1.652) + 2.15 \times 6.16 + (2.723) + (23.175) + (16.225)$$

$$= 128.719 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (54.773 + 1.652) + 2.15 \times 6.16 + (16.225)$$

$$= 102.820 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -54.468 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.111 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -97.549 - -54.468 - -9.111 = -33.971 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-54.468 + -9.111) + 2.15 \times -33.971 + (0.773) + (5.896) + (-5.413)$$

$$= -154.433 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

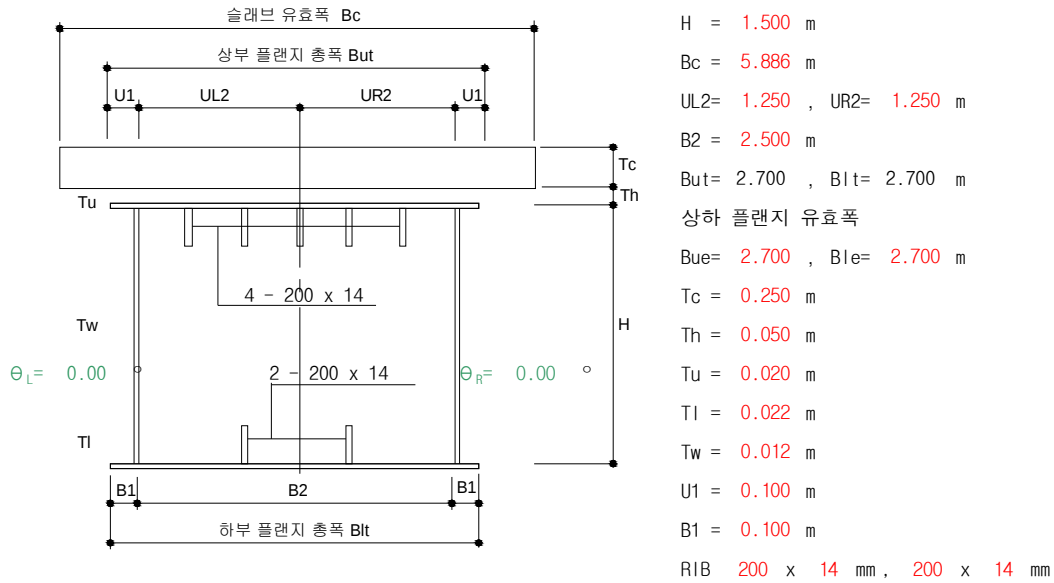
$$\Sigma f = 1.3 \times (-54.468 + -9.111) + 2.15 \times -33.971 + (-5.413)$$

$$= -161.103 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G3 - 외측경간(S6) > 절점 598 로 부터 이격 거리 0.000

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	5424.250
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1130.030
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4525.850
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-107.170
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-19.110
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	338.290
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-11.490
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-15.640
Mvst : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-280.970

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

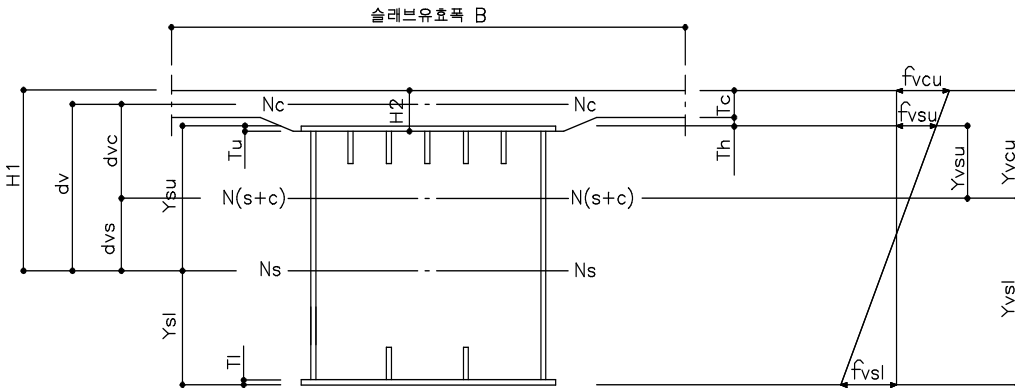
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	760.0	41040000	31190400000	1800000
4 - UPPER RIB	14.0	200.0	11200	650.0	7280000	4732000000	37333333.33
1 - L_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
1 - R_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
2 - LOWER RIB	14.0	200.0	5600	-650.0	-3640000	2366000000	18666666.67
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-761.0	-45203400	34399787400	2395800
강단면 합계			166200		-523400	72688187400	6810195800
1 - RC SLAB	5886.0	250.0	1471500	925.0	1361137500	1259052187500	7664062500

$$* A_s = 166200 \text{ mm}^2, A_c = 1471500 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 72688187400 + 6810195800.0 = 79498383200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -523400 / 166200 = -3.149 \text{ mm}$$

$$|s| = |s'| - A_s \cdot \delta s^2 = 79498383200 - 166200 \times -3.149^2 = 79496734899 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1500.0 / 2 + 20.0 - -3.149 = 773.149 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 773.149 - 1542.000 = -768.851 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 3820752.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 52.754 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -52.461 \text{ MPa}$$

$$\sigma = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 3.102 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_c/n = 350436.9 \text{ mm}^2 \\I_c/n &= 959567109 \text{ mm}^4 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 928.1 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 440.2 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 488.0 \text{ mm} \\Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 565.2 \text{ mm} \\Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 315.2 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 285.2 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1256.811 \text{ mm} \\I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 155728291739 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 3860065.9 \text{ mm}^2 \\f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.513 \text{ MPa} \\f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.286 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 2.069 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -9.120 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.700 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.057 \text{ MPa} \\f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.147 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.288 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -36.526 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 12.430 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 258318.4 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 597.2 \text{ mm} & K = 0.490 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 331.0 \text{ mm} \\Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 722.2 \text{ mm} \\Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 472.2 \text{ mm} \\Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H/2 + T_u = 442.2 \text{ mm} \\Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1099.8 \text{ mm} \\I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 131033812993 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 588489 \text{ N} \\P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 588489 \text{ N} \\M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 351424031 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.513 \text{ MPa} \\f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.286 \text{ MPa} \\f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.311 \text{ MPa} \\f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.105 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 2.859 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 0.833 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 227612.295 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 677.7 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 250.4 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 802.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 552.7 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 522.7 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1019.3 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 118446726416.6 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3482077 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2359888538 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8764 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.401 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.503 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 20.401 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 5.348 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4642770 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2043695243 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.041 \text{ MPa}$$

$$fcl1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.243 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.082 \text{ MPa}$$

$$fsl1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 5.167 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 9.216 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 186.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	52.754	-52.461	186.100	190.000
1+2+3	2.570	1.433	10.800	10.800	63.112	-98.107	186.100	190.000
1+2+3+4	2.259	1.328	10.800	10.800	65.971	-97.274	214.015	190.000
1+2+3+4+5	0.858	-0.174	10.800	1.890	86.372	-91.926	214.015	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.184	-1.417	2.174	2.174	101.455	-86.760	241.930	218.500
1+2+3+4+5-6	1.899	1.068	12.420	12.420	71.290	-97.093	241.930	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.455}{241.930} \right)^2 + \left(\frac{9.216}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.176 + 0.007 = 0.183 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-98.107}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.216}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.267 + 0.007 = 0.274 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (210 \times 1.200) = 6.0 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.793)} = 1.553 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (210 \times 1.200) = 2.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/110.366)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.513 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.57 - 0.513 = 2.057 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.513 + 2.15 \times 2.057 + (-0.311) + (-1.401) + (1.041)$$

$$= 4.418 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.513 + 2.15 \times 2.057 + (1.041)$$

$$= 6.131 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 52.754 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.069 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 63.112 - 52.754 - 2.069 = 8.288 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (52.754 + 2.069) + 2.15 \times 8.288 + (2.859) + (20.401) + (15.082)$$

$$= 127.433 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (52.754 + 2.069) + 2.15 \times 8.288 + (15.082)$$

$$= 104.172 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -52.461 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.120 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -98.107 - -52.461 - -9.12 = -36.526 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.461 + -9.12) + 2.15 \times -36.526 + (0.833) + (5.348) + (-5.167)$$

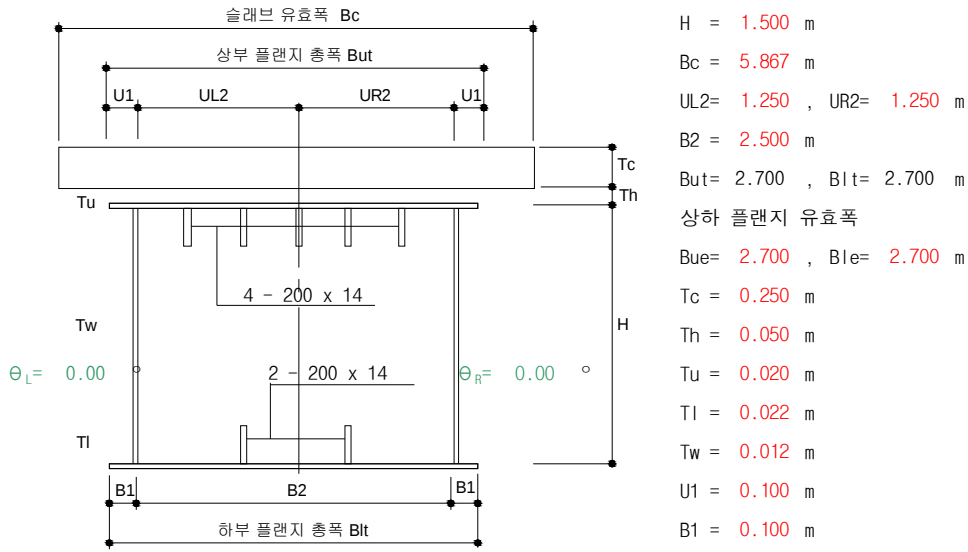
$$= -157.571 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.461 + -9.12) + 2.15 \times -36.526 + (-5.167)$$

$$= -163.752 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



RIB 200 x 14 mm , 200 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅장계수		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	4128.480
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	878.500
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4609.770
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-36.930
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-4.800
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	525.980
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	49.510
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	11.340
Mvt : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-1047.240

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

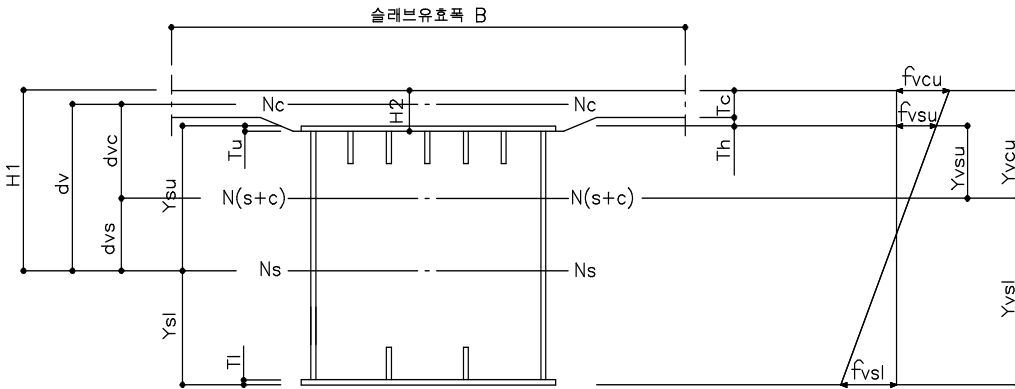
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	760.0	41040000	31190400000	1800000
4 - UPPER RIB	14.0	200.0	11200	650.0	7280000	4732000000	37333333.33
1 - L_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
1 - R_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
2 - LOWER RIB	14.0	200.0	5600	-650.0	-3640000	2366000000	18666666.67
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-761.0	-45203400	34399787400	2395800
강단면 합계			166200		-523400	72688187400	6810195800
1 - RC SLAB	5867.0	250.0	1466750	925.0	1356743750	1254987968750	7639322917

$$* A_s = 166200 \text{ mm}^2, A_c = 1466750 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 72688187400 + 6810195800.0 = 79498383200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -523400 / 166200 = -3.149 \text{ mm}$$

$$|s| = |s'| - A_s \cdot \delta s^2 = 79498383200 - 166200 \times -3.149^2 = 79496734899 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1500.0 / 2 + 20.0 - -3.149 = 773.149 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 773.149 - 1542.000 = -768.851 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 3820752.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 40.152 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -39.928 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 1.566 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 349842.2 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 956469628 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 928.1 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 440.9 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 487.2 \text{ mm} \\
 Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 565.9 \text{ mm} \\
 Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 315.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 285.9 \text{ mm} \\
 Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1256.063 \text{ mm} \\
 I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 155609762421 \text{ mm}^4 \\
 F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 3860065.9 \text{ mm}^2 \\
 f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.400 \text{ MPa} \\
 f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.223 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.614 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -7.091 \text{ MPa} \\
 u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.256 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
 f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.099 \text{ MPa} \\
 f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.172 \text{ MPa} \\
 f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.471 \text{ MPa} \\
 f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -37.209 \text{ MPa} \\
 u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 25.915 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
 n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 258021.1 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
 d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 597.9 \text{ mm} & K = 0.030 \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 330.3 \text{ mm} \\
 Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 722.9 \text{ mm} \\
 Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 472.9 \text{ mm} \\
 Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H/2 + T_u = 442.9 \text{ mm} \\
 Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1099.1 \text{ mm} \\
 I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 130926102772 \text{ mm}^4 \\
 N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 457145 \text{ N} \\
 P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 457145 \text{ N} \\
 M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 273305034 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\
 f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.400 \text{ MPa} \\
 f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.223 \text{ MPa} \\
 f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.286 \text{ MPa} \\
 f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.111 \text{ MPa} \\
 f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.799 \text{ MPa} \\
 f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.703 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 227414.056 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 678.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 249.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 803.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 553.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 523.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1018.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 118354561420.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3470837 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2354321316 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8764 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.709 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.716 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 15.574 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 14.654 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4627783 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2040561176 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.471 \text{ MPa}$$

$$fcl1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.484 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.341 \text{ MPa}$$

$$fsl1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.734 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 24.093 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 186.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	40.152	-39.928	186.100	190.000
1+2+3	2.499	1.395	10.800	10.800	50.237	-84.229	186.100	190.000
1+2+3+4	2.213	1.285	10.800	10.800	52.036	-82.526	214.015	190.000
1+2+3+4+5	0.503	-0.431	10.800	1.890	67.611	-67.872	214.015	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.968	-1.915	2.174	2.174	80.951	-55.138	241.930	218.500
1+2+3+4+5-6	1.975	1.052	12.420	12.420	54.270	-80.606	241.930	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \text{#####} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{80.951}{241.930} \right)^2 + \left(\frac{24.093}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.112 + 0.048 = 0.160 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \text{#####} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-84.229}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{24.093}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.197 + 0.048 = 0.244 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \text{ (합성형 스티드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 5.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.793)} = 1.553 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/110.366)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.400 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.499 - 0.4 = 2.099 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.4 + 2.15 \times 2.099 + (-0.286) + (-1.709) + (1.471)$$

$$= 4.509 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.4 + 2.15 \times 2.099 + (1.471)$$

$$= 6.504 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.152 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.614 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 50.237 - 40.152 - 1.614 = 8.470 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.152 + 1.614) + 2.15 \times 8.47 + (1.799) + (15.574) + (13.341)$$

$$= 103.222 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.152 + 1.614) + 2.15 \times 8.47 + (13.341)$$

$$= 85.848 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -39.928 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.091 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -84.229 - -39.928 - -7.091 = -37.210 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-39.928 + -7.091) + 2.15 \times -37.21 + (1.703) + (14.654) + (-12.734)$$

$$= -137.503 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

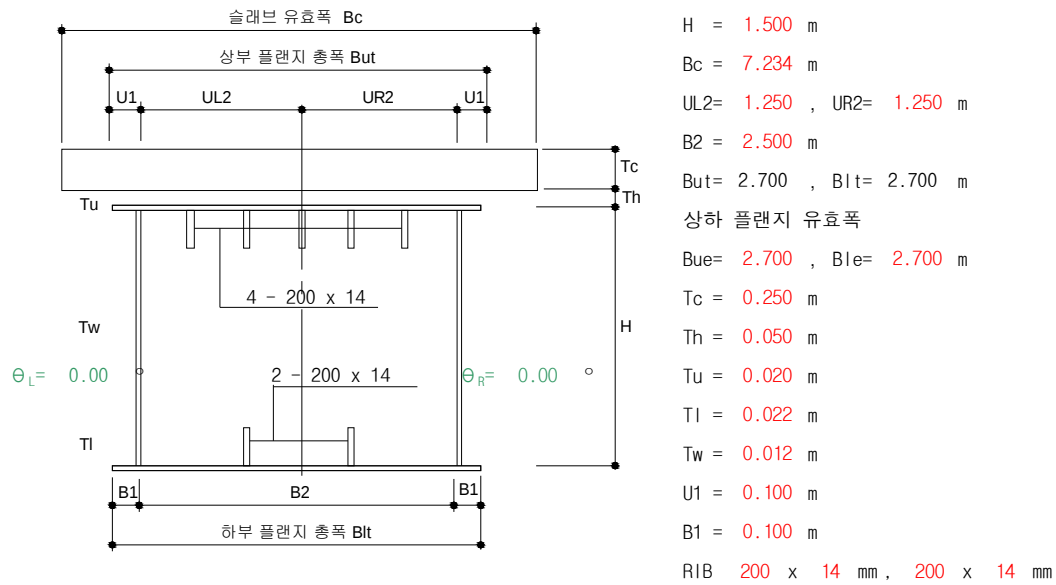
$$\Sigma f = 1.3 \times (-39.928 + -7.091) + 2.15 \times -37.21 + (-12.734)$$

$$= -153.860 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G2 - 내측경간(S4) > : 절점 361 로 부터 이격 거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	4303.000
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	884.650
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4420.980
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-36.050
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-9.420
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	392.380
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvt : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	660.080

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

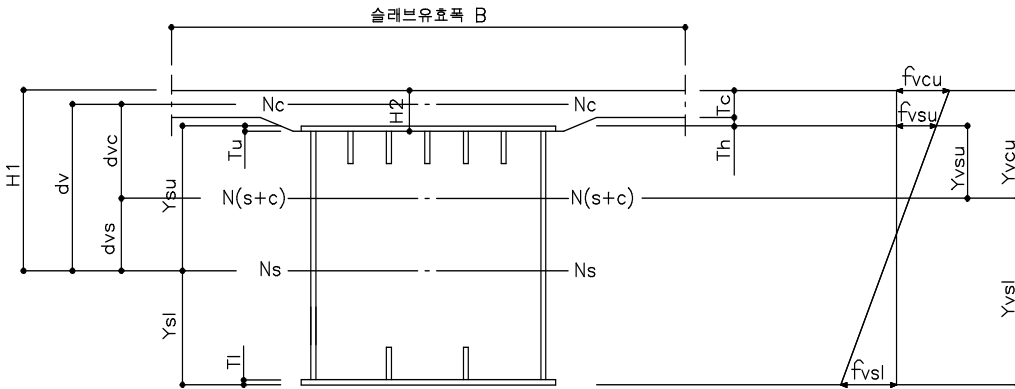
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	760.0	41040000	31190400000	1800000
4 - UPPER RIB	14.0	200.0	11200	650.0	7280000	4732000000	37333333.33
1 - L_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
1 - R_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
2 - LOWER RIB	14.0	200.0	5600	-650.0	-3640000	2366000000	18666666.67
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-761.0	-45203400	34399787400	2395800
강단면 합계			166200		-523400	72688187400	6810195800
1 - RC SLAB	7234.0	250.0	1808500	925.0	1672862500	1547397812500	9419270833

$$* A_s = 166200 \text{ mm}^2, A_c = 1808500 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 72688187400 + 6810195800.0 = 79498383200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -523400 / 166200 = -3.149 \text{ mm}$$

$$|s| = |s^1| - A_s \cdot \delta s^2 = 79498383200 - 166200 \times -3.149^2 = 79496734899 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1500.0 / 2 + 20.0 - -3.149 = 773.149 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 773.149 - 1542.000 = -768.851 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 3820752.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 41.849 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -41.616 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 1.001 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_c/n = 392630.4 \text{ mm}^2 \\I_c/n &= 1179325258 \text{ mm}^4 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 928.1 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 392.9 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 535.3 \text{ mm} \\Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 517.9 \text{ mm} \\Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 267.9 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 237.9 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1304.116 \text{ mm} \\I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 163245146108 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 3860065.9 \text{ mm}^2 \\f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.351 \text{ MPa} \\f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.182 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.289 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -7.067 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.262 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 1.756 \text{ MPa} \\f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.908 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 6.442 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -35.318 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 18.025 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 279415.2 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 552.1 \text{ mm} & K = 0.030 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 376.1 \text{ mm} \\Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 677.1 \text{ mm} \\Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 427.1 \text{ mm} \\Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H/2 + T_u = 397.1 \text{ mm} \\Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1144.9 \text{ mm} \\I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 138098872260 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 482093 \text{ N} \\P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 482093 \text{ N} \\M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 266151939 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.351 \text{ MPa} \\f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.182 \text{ MPa} \\f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.241 \text{ MPa} \\f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.072 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.748 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.659 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 241676.816 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 638.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 289.9 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 763.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 513.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 483.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1058.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 124604016844.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 4279535 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2731558235 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8764 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.606 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.613 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 18.026 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 17.011 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 5706047 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2241817292 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.309 \text{ MPa}$$

$$fcl1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.322 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.631 \text{ MPa}$$

$$fsl1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 13.996 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 16.761 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 186.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	41.849	-41.616	186.100	190.000
1+2+3	2.107	1.090	10.800	10.800	49.581	-84.001	186.100	190.000
1+2+3+4	1.866	1.018	10.800	10.800	51.329	-82.342	214.015	190.000
1+2+3+4+5	0.260	-0.595	10.800	1.890	69.354	-65.331	214.015	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.049	-1.917	2.174	2.174	83.985	-51.335	241.930	218.500
1+2+3+4+5-6	1.569	0.727	12.420	12.420	54.723	-79.326	241.930	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{83.985}{241.930} \right)^2 + \left(\frac{16.761}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.121 + 0.023 = 0.144 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-84.001}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{16.761}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.195 + 0.023 = 0.219 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 5.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.793)} = 1.553 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 1.8 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/110.366)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.351 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.107 - 0.351 = 1.756 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.351 + 2.15 \times 1.756 + (-0.241) + (-1.606) + (1.309)$$

$$= 3.694 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.351 + 2.15 \times 1.756 + (1.309)$$

$$= 5.541 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 41.849 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.289 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 49.581 - 41.849 - 1.289 = 6.442 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.849 + 1.289) + 2.15 \times 6.442 + (1.748) + (18.026) + (14.631)$$

$$= 104.335 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (41.849 + 1.289) + 2.15 \times 6.442 + (14.631)$$

$$= 84.562 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -41.616 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.067 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -84.001 - -41.616 - -7.067 = -35.318 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.616 + -7.067) + 2.15 \times -35.318 + (1.659) + (17.011) + (-13.996)$$

$$= -134.547 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

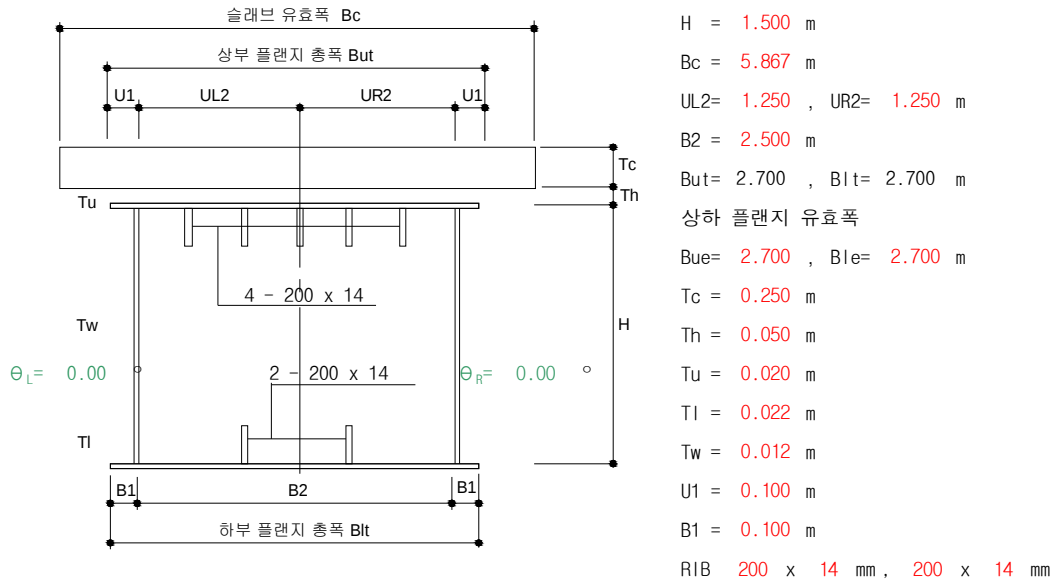
$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.616 + -7.067) + 2.15 \times -35.318 + (-13.996)$$

$$= -153.218 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G3 - 내측경간(S4) > : 절점 561 로 부터 이격 거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	4128.480
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	878.500
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	4520.750
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-36.930
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-4.800
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-397.390
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-49.510
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-11.340
Mvst : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	322.610

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

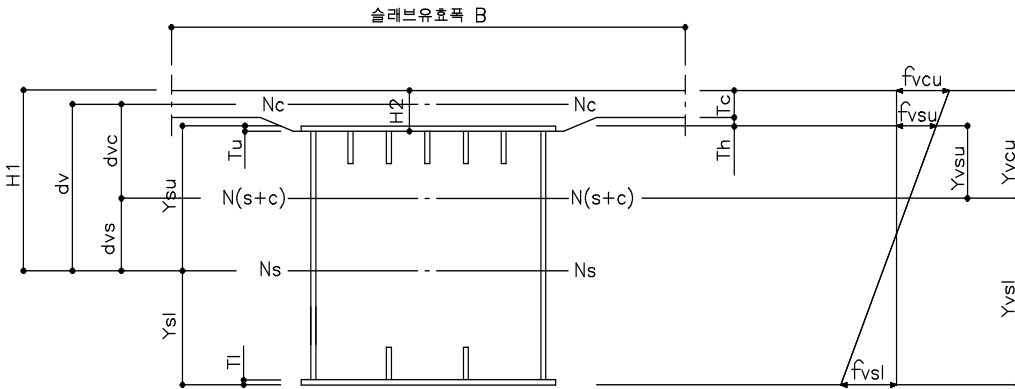
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	760.0	41040000	31190400000	1800000
4 - UPPER RIB	14.0	200.0	11200	650.0	7280000	4732000000	37333333.33
1 - L_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
1 - R_WEB	12.0	1500.0	18000	0.0	0	0	3375000000
2 - LOWER RIB	14.0	200.0	5600	-650.0	-3640000	2366000000	18666666.67
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-761.0	-45203400	34399787400	2395800
강단면 합계			166200		-523400	72688187400	6810195800
1 - RC SLAB	5867.0	250.0	1466750	925.0	1356743750	1254987968750	7639322917

$$* A_s = 166200 \text{ mm}^2, A_c = 1466750 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 72688187400 + 6810195800.0 = 79498383200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = \frac{-523400}{166200} = -3.149 \text{ mm}$$

$$|s| = |s'| - A_s \cdot \delta s^2 = 79498383200 - 166200 \times -3.149^2 = 79496734899 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1500.0 / 2 + 20.0 - -3.149 = 773.149 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 773.149 - 1542.000 = -768.851 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 3820752.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 40.152 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -39.928 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 1.566 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_c/n = 349842.2 \text{ mm}^2 \\I_c/n &= 956469628 \text{ mm}^4 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 928.1 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 440.9 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 487.2 \text{ mm} \\Y_{vcu} &= d_{vc} + T_c/2 = 565.9 \text{ mm} \\Y_{vcl} &= Y_{vcu} - T_c = 315.9 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vcu} - H/2 + T_u = 285.9 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1256.063 \text{ mm} \\I_v &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 155609762421 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 3860065.9 \text{ mm}^2 \\f_{vcu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.400 \text{ MPa} \\f_{vcl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.223 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_v = 1.614 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_v = -7.091 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.256 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vcu} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 2.059 \text{ MPa} \\f_{vcl} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 1.149 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 8.307 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -36.491 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 14.521 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 258021.1 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 597.9 \text{ mm} & K = 0.030 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 330.3 \text{ mm} \\Y_{v1cu} &= d_{c1} + T_c/2 = 722.9 \text{ mm} \\Y_{v1cl} &= Y_{v1cu} - T_c = 472.9 \text{ mm} \\Y_{v1su} &= Y_{v1cu} - H/2 + T_u = 442.9 \text{ mm} \\Y_{v1sl} &= Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) = -1099.1 \text{ mm} \\I_{v1} &= I_s + I_c/n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c/n_1 \cdot d_{c1}^2 = 130926102772 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) = 457145 \text{ N} \\P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 457145 \text{ N} \\M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = 273305034 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\f_{cu} &= M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 0.400 \text{ MPa} \\f_{cl} &= M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 0.223 \text{ MPa} \\f_{vcu1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c = -0.286 \text{ MPa} \\f_{vcl1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c = -0.111 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} = 1.799 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} = 1.703 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$Av2 = As + Ac/n2 = 227414.056 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 678.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 249.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 803.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 553.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 523.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1018.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 118354561420.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3470837 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2354321316 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8764 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.709 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.716 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 15.574 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 14.654 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4627783 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2040561176 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.471 \text{ MPa}$$

$$fcl1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.484 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.341 \text{ MPa}$$

$$fsl1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.734 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$v = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 15.018 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 186.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b - 352.000 \} \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	40.152	-39.928	186.100	190.000
1+2+3	2.459	1.373	10.800	10.800	50.073	-83.511	186.100	190.000
1+2+3+4	2.172	1.262	10.800	10.800	51.872	-81.808	214.015	190.000
1+2+3+4+5	0.463	-0.454	10.800	1.890	67.447	-67.153	214.015	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.008	-1.937	2.174	2.174	80.788	-54.419	241.930	218.500
1+2+3+4+5-6	1.934	1.030	12.420	12.420	54.106	-79.887	241.930	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{80.788}{241.930} \right)^2 + \left(\frac{15.018}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.112 + 0.019 = 0.130 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-83.511}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{15.018}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.193 + 0.019 = 0.212 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 5.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/78.793)} = 1.553 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.2 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/110.366)} = 1.312 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(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

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.400 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.459 - 0.4 = 2.059 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.4 + 2.15 \times 2.059 + (-0.286) + (-1.709) + (1.471)$$

$$= 4.421 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.4 + 2.15 \times 2.059 + (1.471)$$

$$= 6.417 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 40.152 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.614 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 50.073 - 40.152 - 1.614 = 8.307 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.152 + 1.614) + 2.15 \times 8.307 + (1.799) + (15.574) + (13.341)$$

$$= 102.870 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (40.152 + 1.614) + 2.15 \times 8.307 + (13.341)$$

$$= 85.496 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -39.928 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -7.091 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -83.511 - -39.928 - -7.091 = -36.491 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-39.928 + -7.091) + 2.15 \times -36.491 + (1.703) + (14.654) + (-12.734)$$

$$= -135.958 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

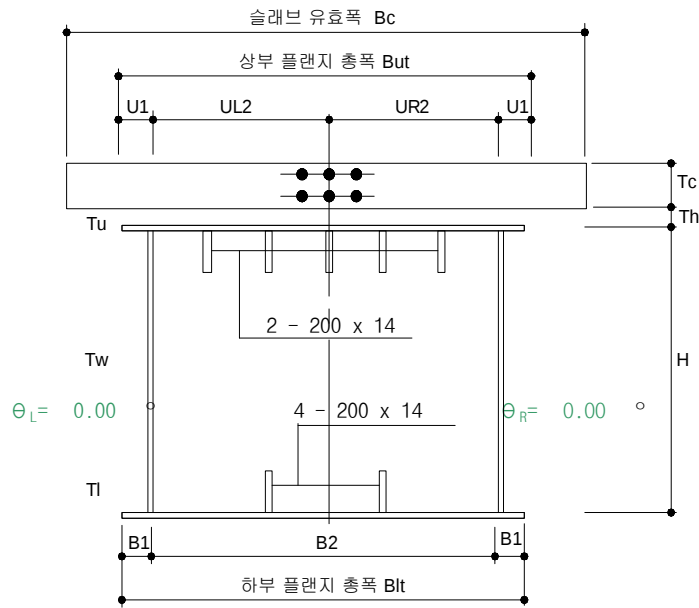
$$\Sigma f = 1.3 \times (-39.928 + -7.091) + 2.15 \times -36.491 + (-12.734)$$

$$= -152.316 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G1 - 지점부(P3) > 절점 152 로 부터 이격 거리 0.000

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 3.000 m
 Bc = 6.000 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.394 , Ble= 2.394 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.020 m
 Tl = 0.020 m
 Tw = 0.014 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 200 x 14 mm , 200 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	-14946.560
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3191.650
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-10372.560
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1501.110
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-321.910
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-1074.910
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	449.770
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-73.360
Mvt : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	1721.620
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	40 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

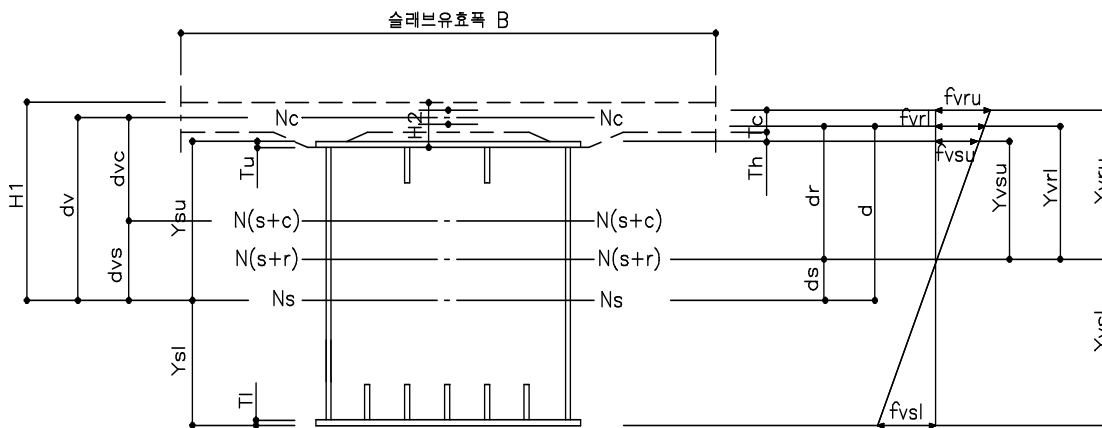
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2394.0	20.0	47880	1510.00	72298800	109171188000	1596000
2 - UPPER RIB	14.0	200.0	5600	1400.00	7840000	10976000000	18666667
1 - L_WEB	14.0	3000.0	42000	0.00	0	0	31500000000
1 - R_WEB	14.0	3000.0	42000	0.00	0	0	31500000000
4 - LOWER RIB	14.0	200.0	11200	-1400.00	-15680000	21952000000	37333333
1 - LOWER FLANGE	2394.0	20.0	47880	-1510.00	-72298800	109171188000	1596000
강단면 합계			196560		-7840000	251270376000	63059192000
UPPER RE-BAR	-	-	25696.00	1760.00	45224960	79595929600	-
LOWER RE-BAR	-	-	25696.00	1590.00	40856640	64962057600	-
RE-BAR 합계			51392		86081600	144557987200	-
1 - RC SLAB	6000.0	250.0	1500000	1675.00	2512500000	4208437500000	7812500000

* As = 196560 mm² , Ac = 1500000 mm² , Ar = 51392 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 63059192000 = 314329568000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -7840000 / 196560 = -39.886 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 196560 \times -39.886^2 = 314016861447 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 3000.0 / 2 + 20.0 - -39.886 = 1559.886 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1559.886 - 3040.000 = -1480.114 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 7592280.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -74.247 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 70.450 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 19.986 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 247952 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1714.886 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1359.449 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 355.437 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1444.449 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1274.449 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1204.449 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1835.551 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 433827001813 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((U_L2 + U_R2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 7631625.2 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -10.627 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -9.376 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -8.861 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 13.504 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.176 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -34.536 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -30.471 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -28.798 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 43.887 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 20.853 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 384365.183 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1714.886 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 876.973 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 837.913 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 290462.592 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1160.487 \text{ mm} \quad K = -0.090 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 554.399 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 597436966883.8 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -879867 \text{ N} \\P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -879867 \text{ N} \\M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -1021074218 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -3.243 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -3.279 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.293 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.937 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 259161.728 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1300.647 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 414.239 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3549518 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 4616670939 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 12.932 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 13.095 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 13.162 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.073 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4732691 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 4150443272 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.357 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.210 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 18.050 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 20.668 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 44.328 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/5)^2 + 0.130 \times (0.0/5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = ##### \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = ##### \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 186.100$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.250 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 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	-74.247	70.450	190.000	186.100
1+2+3	-45.163	-39.847	160.000	-111.906	127.841	190.000	186.100
1+2+3+4	-48.405	-43.126	160.000	-115.200	123.904	190.000	186.100
1+2+3+4+5	-35.473	-30.031	160.000	-102.038	139.977	190.000	186.100
1+2+3+4+5+6	-42.830	-37.241	184.000	-83.988	160.645	218.500	214.015
1+2+3+4+5-6	-28.117	-22.821	184.000	-120.088	119.310	218.500	214.015

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)

$$\left(\frac{f}{f_a} - \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-115.200}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{44.328}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.368 + 0.162 = 0.530 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} - \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{139.977}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{44.328}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.566 + 0.162 = 0.728 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 11.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/103.227)} = 1.357 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.029) = 13.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/179.373)} = 1.029 < 1.2 \Rightarrow 1.029$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -10.627 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -45.163 - 10.627 = -34.536 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.627 + 2.15 \times -34.536 + (-3.243) + (12.932) + (-7.357)$$

$$= -85.734 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -10.627 + 2.15 \times -34.536 + (-7.357)$$

$$= -95.424 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -74.247 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -8.861 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -111.906 - 74.247 - 8.861 = -28.798 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-74.247 + -8.861) + 2.15 \times -28.798 + (-3.293) + (13.162) + (-18.05)$$

$$= -178.138 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-74.247 + -8.861) + 2.15 \times -28.798 + (-18.05)$$

$$= -188.006 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 70.450 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 13.504 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 127.841 - 70.45 - 13.504 = 43.887 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (70.45 + 13.504) + 2.15 \times 43.887 + (-3.937) + (16.073) + (20.668)$$

$$= 236.302 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

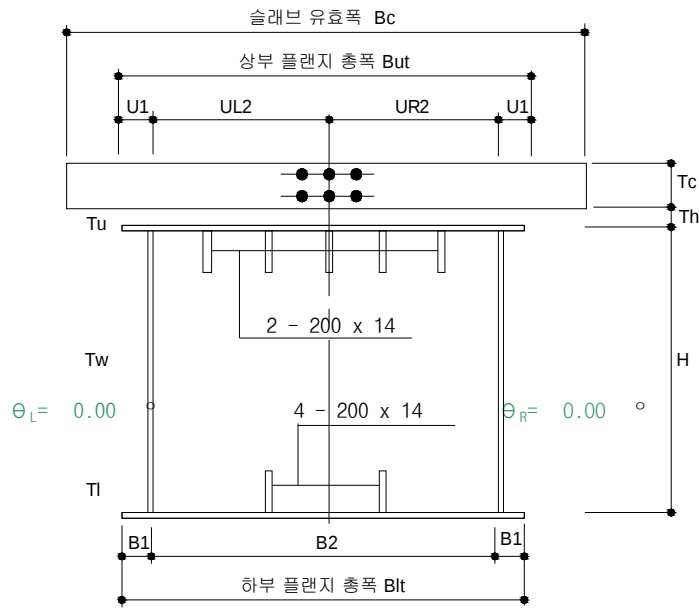
$$\Sigma f = 1.3 \times (70.45 + 13.504) + 2.15 \times 43.887 + (20.668)$$

$$= 224.166 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G2 - 지점부(P5) > 절점 389 로 부터 이격 거리 0.000

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 3.000 m
 Bc = 5.821 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.347 , Ble= 2.347 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.020 m
 Tl = 0.020 m
 Tw = 0.014 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 200 x 14 mm , 200 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	-16575.500
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3271.790
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-8833.930
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1720.830
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-327.430
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-366.130
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvt : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	1350.420
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	40 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

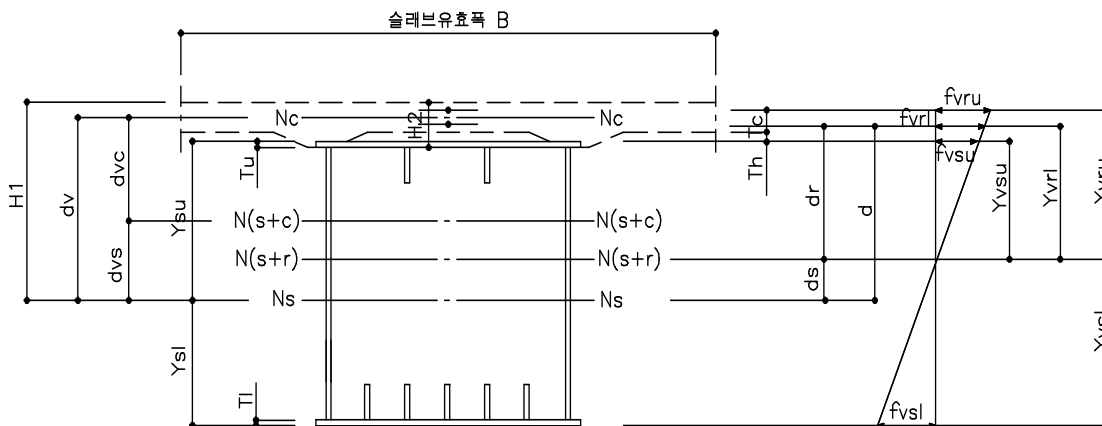
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2347.0	20.0	46940	1510.00	70879400	107027894000	1564667
2 - UPPER RIB	14.0	200.0	5600	1400.00	7840000	10976000000	18666667
1 - L_WEB	14.0	3000.0	42000	0.00	0	0	31500000000
1 - R_WEB	14.0	3000.0	42000	0.00	0	0	31500000000
4 - LOWER RIB	14.0	200.0	11200	-1400.00	-15680000	21952000000	37333333
1 - LOWER FLANGE	2347.0	20.0	46940	-1510.00	-70879400	107027894000	1564667
강단면 합계			194680		-7840000	246983788000	63059129333
UPPER RE-BAR	-	-	24929.40	1760.00	43875749	77221317700	-
LOWER RE-BAR	-	-	24929.40	1590.00	39637750	63024022882	-
RE-BAR 합계			49859		83513499	140245340582	-
1 - RC SLAB	5821.0	250.0	1455250	1675.00	2437543750	4082885781250	7579427083

$$* A_s = 194680 \text{ mm}^2, A_c = 1455250 \text{ mm}^2, A_r = 49859 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = ##### + 63059129333 = 310042917333 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = \frac{-7840000}{194680} = -40.271 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 194680 \times -40.271^2 = 309727191013 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 3000.0 / 2 + 20.0 - -40.271 = 1560.271 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1560.271 - 3040.000 = -1479.729 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7592280.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -83.500 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 79.190 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 20.486 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 244539 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1715.271 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1365.546 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 349.725 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1450.546 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1280.546 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1210.546 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1829.454 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 426510564986 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((U_L2 + U_R2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 7631625.2 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -11.127 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -9.823 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -9.286 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 14.034 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 3.898 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -30.044 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -26.523 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -25.073 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 37.892 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 10.678 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 376882.329 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1715.271 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 886.030 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 829.241 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 285781.164 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1168.478 \text{ mm} \quad K = -0.370 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 546.793 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 587583895025.9 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c/(n \cdot I_{cv}) = -898913 \text{ N} \\P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -898913 \text{ N} \\M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -1050360444 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.354 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.509 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.573 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -5.343 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 255414.110 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1307.402 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 407.869 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 3443624 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 4502202033 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 8.417 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 9.081 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 9.354 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 21.227 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4591499 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 4068204974 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -11.543 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.943 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 14.504 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 25.233 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 35.062 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 5)^2 + 0.130 \times (0.0 / 5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = \text{#####} \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = \text{#####} \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 186.100$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.250 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \right\} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 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	-83.500	79.190	190.000	186.100
1+2+3	-41.171	-36.346	160.000	-117.859	131.116	190.000	186.100
1+2+3+4	-43.525	-38.855	160.000	-120.432	125.773	190.000	186.100
1+2+3+4+5	-35.109	-29.774	160.000	-111.078	147.000	190.000	186.100
1+2+3+4+5+6	-46.652	-40.718	184.000	-96.574	172.233	218.500	214.015
1+2+3+4+5-6	-23.565	-18.831	184.000	-125.582	121.767	218.500	214.015

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)

$$\left(\frac{f}{f_a} - \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-120.432}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{35.062}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.402 + 0.102 = 0.503 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} - \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{172.233}{214.015} \right)^2 + \left(\frac{35.062}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.648 + 0.102 = 0.749 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 11.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/103.227)} = 1.357 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.029) = 13.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/179.373)} = 1.029 < 1.2 \Rightarrow 1.029$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -11.127 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -41.171 - 11.127 = -30.044 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.127 + 2.15 \times -30.044 + (-2.354) + (8.417) + (-11.543)$$

$$= -84.540 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.127 + 2.15 \times -30.044 + (-11.543)$$

$$= -90.603 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -83.500 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.286 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -117.859 - 83.5 - 9.286 = -25.073 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-83.5 + -9.286) + 2.15 \times -25.073 + (-2.573) + (9.354) + (-14.504)$$

$$= -182.252 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-83.5 + -9.286) + 2.15 \times -25.073 + (-14.504)$$

$$= -189.033 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 79.190 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 14.034 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 131.116 - 79.19 - 14.034 = 37.892 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (79.19 + 14.034) + 2.15 \times 37.892 + (-5.343) + (21.227) + (25.233)$$

$$= 243.775 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

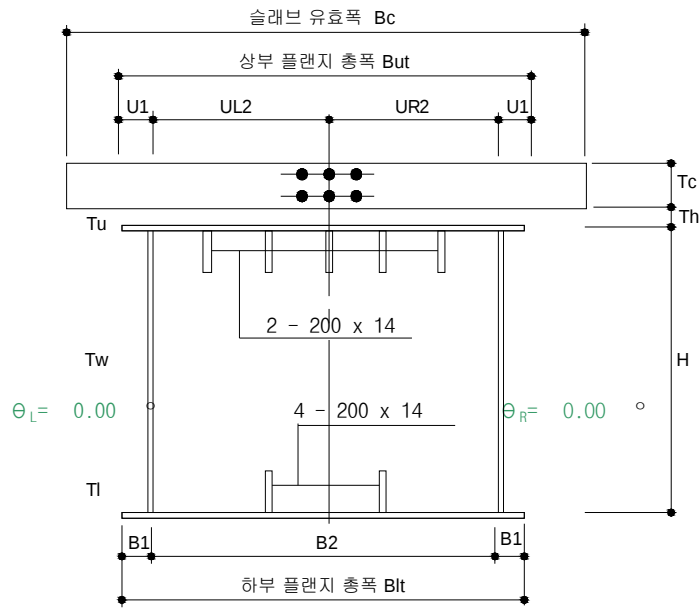
$$\Sigma f = 1.3 \times (79.19 + 14.034) + 2.15 \times 37.892 + (25.233)$$

$$= 227.891 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

< G3 - 지점부(P5) > 절점 552 로 부터 이격 거리 0.000

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 3.000 m
 Bc = 4.904 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.347 , Ble= 2.347 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.020 m
 TI = 0.020 m
 Tw = 0.014 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m
 RIB 200 x 14 mm , 200 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26294
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	-14946.560
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3191.650
Mv : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-10042.860
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1501.110
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-321.910
Sv : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-904.500
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-449.770
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	73.360
Mvt : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-936.440
tcu, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	40 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

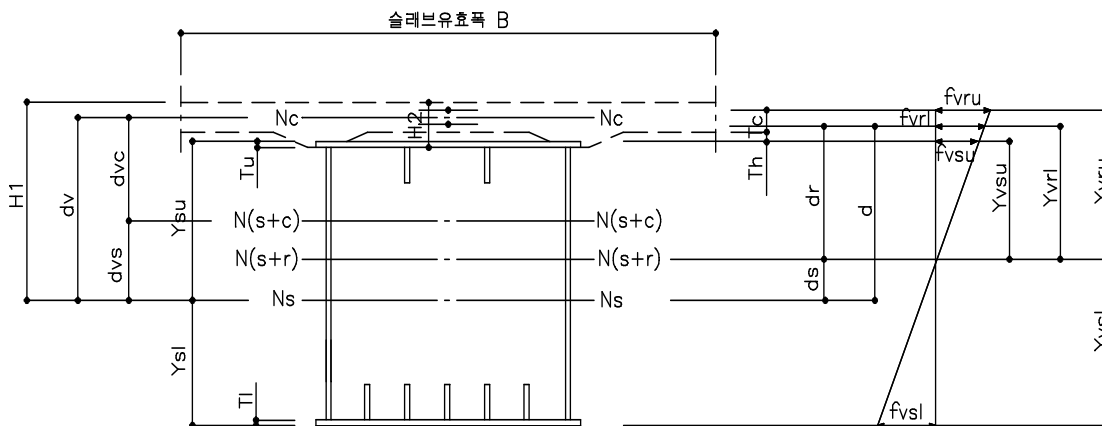
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2347.0	20.0	46940	1510.00	70879400	107027894000	1564667
2 - UPPER RIB	14.0	200.0	5600	1400.00	7840000	10976000000	18666667
1 - L_WEB	14.0	3000.0	42000	0.00	0	0	31500000000
1 - R_WEB	14.0	3000.0	42000	0.00	0	0	31500000000
4 - LOWER RIB	14.0	200.0	11200	-1400.00	-15680000	21952000000	37333333
1 - LOWER FLANGE	2347.0	20.0	46940	-1510.00	-70879400	107027894000	1564667
강단면 합계			194680		-7840000	246983788000	63059129333
UPPER RE-BAR	-	-	21002.20	1760.00	36963867	65056406460	-
LOWER RE-BAR	-	-	21002.20	1590.00	33393494	53095655078	-
RE-BAR 합계			42004		70357361	118152061538	-
1 - RC SLAB	4904.0	250.0	1226000	1675.00	2053550000	3439696250000	6385416667

* As = 194680 mm² , Ac = 1226000 mm² , Ar = 42004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 63059129333 = 310042917333 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -7840000 / 194680 = -40.271 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 194680 \times -40.271^2 = 309727191013 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 3000.0 / 2 + 20.0 - -40.271 = 1560.271 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1560.271 - 3040.000 = -1479.729 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 7592280.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -75.294 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 71.408 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 19.986 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 236684 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1715.271 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1410.862 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 304.409 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1495.862 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1325.862 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1255.862 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1784.138 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 411378281535 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((U_L2 + U_R2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 7631625.2 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -11.606 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -10.287 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -9.744 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 13.842 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.176 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -36.518 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -32.368 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -30.659 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 43.556 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 15.150 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 348179.437 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1715.271 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 959.072 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 756.200 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 271429.718 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1230.260 \text{ mm} \quad K = -0.090 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 485.012 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 563043657199.3 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c/(n \cdot I_{cv}) = -834509 \text{ N} \\P_\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -834509 \text{ N} \\M_\phi &= P_\phi \cdot d_{c1} = -1026662585 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13147 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -3.190 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -3.228 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.244 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -3.927 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조 수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 245846.479 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1358.283 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 356.989 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2901139 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 3940567166 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 10.968 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 11.114 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 11.175 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 13.796 \text{ MPa}$$

(6) 온도 차

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

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3868186 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3709867042 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -10.071 \text{ MPa}$$

$$f_{rllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -9.933 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 15.324 \text{ MPa}$$

$$f_{sllt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 17.791 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 38.625 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 5)^2 + 0.130 \times (0.0 / 5) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 5} = \text{#####} \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 5} = \text{#####} \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 186.100$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 5} = 6.250 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 352.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 186.100 \text{ MPa}$$

* 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	-75.294	71.408	190.000	186.100
1+2+3	-48.124	-42.654	160.000	-115.697	128.805	190.000	186.100
1+2+3+4	-51.313	-45.883	160.000	-118.941	124.879	190.000	186.100
1+2+3+4+5	-40.346	-34.768	160.000	-107.766	138.674	190.000	186.100
1+2+3+4+5+6	-50.416	-44.701	184.000	-92.442	156.466	218.500	214.015
1+2+3+4+5-6	-30.275	-24.835	184.000	-123.090	120.883	218.500	214.015

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)

$$\left(\frac{f}{f_a} - \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-118.941}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{38.625}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.392 + 0.123 = 0.515 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} - \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{138.674}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{38.625}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.555 + 0.123 = 0.679 < 1.2 \quad 0.K.$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K. \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 5) = 10.2 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 11.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/103.227)} = 1.357 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.029) = 13.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad 0.K.$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/179.373)} = 1.029 < 1.2 \Rightarrow 1.029$$

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

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

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{rvu} = -11.606 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -48.124 - 11.606 = -36.518 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.606 + 2.15 \times -36.518 + (-3.19) + (10.968) + (-10.071)$$

$$= -95.894 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -11.606 + 2.15 \times -36.518 + (-10.071)$$

$$= -103.672 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -75.294 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -9.744 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -115.697 - (-75.294) - (-9.744) = -30.659 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-75.294 + -9.744) + 2.15 \times -30.659 + (-3.244) + (11.175) + (-15.324)$$

$$= -183.859 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-75.294 + -9.744) + 2.15 \times -30.659 + (-15.324)$$

$$= -191.790 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 71.408 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 13.842 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 128.805 - 71.408 - 13.842 = 43.555 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (71.408 + 13.842) + 2.15 \times 43.555 + (-3.927) + (13.796) + (17.791)$$

$$= 232.129 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (71.408 + 13.842) + 2.15 \times 43.555 + (17.791)$$

$$= 222.260 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

7. 단면검토 결과

구 분		휨모멘트		안전율	평 가	비 고
		적용하중	공칭강도			
바닥판	켄틸레버부	56.148	105.552	1.880	0.K	
	중양부	75.329	105.552	1.401	0.K	
G1 - 외측경간(S6)	상연	101.791	241.930	2.377	0.K	
	하연	99.589	190.000	1.908	0.K	
G2 - 외측경간(S6)	상연	104.708	241.930	2.311	0.K	
	하연	97.549	190.000	1.948	0.K	
G3 - 외측경간(S6)	상연	101.455	241.930	2.385	0.K	
	하연	98.107	190.000	1.937	0.K	
G1 - 내측경간(S4)	상연	80.951	241.930	2.989	0.K	
	하연	84.229	190.000	2.256	0.K	
G2 - 내측경간(S4)	상연	83.985	241.930	2.881	0.K	
	하연	84.001	190.000	2.262	0.K	
G3 - 내측경간(S4)	상연	80.788	241.930	2.995	0.K	
	하연	83.511	190.000	2.275	0.K	
G1 - 지점부(P3)	상연	115.200	190.000	1.649	0.K	
	하연	139.977	186.100	1.329	0.K	
G2 - 지점부(P5)	상연	120.432	190.000	1.578	0.K	
	하연	172.233	214.015	1.243	0.K	
G3 - 지점부(P5)	상연	118.941	190.000	1.597	0.K	
	하연	138.674	186.100	1.342	0.K	