

관 리 번 호	

원본 또는 사본

옥산~오창 고속도로 민간투자사업

구 조 계 산 서

[RAMP-D교 - 상부공]

2013. 10.



대전지방국토관리청

목 차

1. 설계조건	-----	1
2. 단면가정	-----	9
3. 바닥판 설계	-----	10
3.1 좌측 캔틸레버부	-----	10
3.2 우측 캔틸레버부	-----	15
3.3 중앙부(경험적설계법+프리캐스트 DECK)	-----	20
3.4 내부지점부 주장을 검토	-----	21
3.5 프리캐스트 패널 합성전 검토	-----	22
4. 주형설계	-----	26
4.1 유효폭 계산	-----	26
4.2 단면가정	-----	32
4.3 작용하중의 산정	-----	73
4.4 주형의 단면력 해석	-----	92
1) MODELING	-----	92
2) 하중조합	-----	93
3) 부재력 집계	-----	94
4) 활하중 부재력 집계 및 피로하중 작용범위 산정	-----	105
5) 부재력 요약	-----	117
6) 반력 집계	-----	129
4.5 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토	-----	139
4.6 2차 부정정력에 대한 영향 검토 및 단면검토	-----	143
4.7 단면검토	-----	145
4.8 단면요약도	-----	366

5. 이음부의 설계	-----	368
5.1 현장이음의 설계	-----	368
5.2 용접부의 검토	-----	392
6. 보강재 설계	-----	396
6.1 보강재의 설계	-----	396
6.2 지점부 보강재	-----	401
6.3 잭업 보강재	-----	404
7. 가로보 및 세로보의 설계	-----	407
7.1 세로보의 설계	-----	407
7.2 가로보의 설계	-----	444
7.3 세로보의 연결	-----	469
7.4 가로보의 연결	-----	488
8. 다이어프램 검토	-----	507
9. 전단연결재	-----	518
10. 사용성 검토	-----	532
10.1 피로 검토	-----	532
10.2 처짐 검토	-----	537
11. 솟음 (CAMBER)	-----	539
12. 신축이음	-----	541

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 옥산JCT RAMP-D교
- (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교 량 형 식 : SEB 거더
- (4) 교 량 연 장 : $50.150 + 70.000 + 50.150 = 170.300$ m
- (5) 교 량 폭 원 : B = 12.600 m
- (6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.200 ~ 2.800 m
- (7) 사 각(Skew) : 90.000 °
- (8) 곡률반경(R) : 좌측 = 170.000 m 중앙 = 170.000 m 우측 = 170.000 m
- (9) 설 계 속 도 : 60.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

주 부 재	SM520B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보, 지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

▪ 허용 응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 축방향 인장응력 및 휨 인장응력	판두께 (mm)							
	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
㉔ 휨 압축응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155	220
	40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)			
	75 초과 100이하			115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405	570
	40 초과 75 이하	195	265 (285)	300 (325)	390 (405)			
	75 초과 100이하			295 (325)	375 (405)			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π 형 단면과 같이
횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa)

(도.설.해 3.2.5)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
기준 항복점	40 이하	235	315	355	450	380	450	690
	40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)			
	75 초과 100이하			325 (355)	420 (450)			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용하고, HSB 600인 경우에는 []안의 값을 적용한다.

강종 판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 [SM570-TMC]
40 이하	$140 : \frac{l}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82 \left(\frac{l}{r} - 18.6 \right) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29 \left(\frac{l}{r} - 16.0 \right) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \leq 15.1$ $215 - 1.55 \left(\frac{l}{r} - 15.1 \right) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73 \left(\frac{l}{r} - 19.4 \right) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15 \left(\frac{l}{r} - 16.6 \right) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \leq 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4 \left(\frac{l}{r} - 15.5 \right) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07 \left(\frac{l}{r} - 13.7 \right) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하	$195 : \frac{l}{r} \leq 15.8$ $195 - 1.35 \left(\frac{l}{r} - 15.8 \right) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96 \left(\frac{l}{r} - 13.9 \right) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$		
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

강종 판두께 (mm)	HSB500	HSB600	HSB800	비 고
80 이하	$230 : \frac{l}{r} \leq 14.6$ $230 - 1.72 \left(\frac{l}{r} - 14.6 \right) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{l}{r} - 18.0 \right) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

▪ ㉔ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]	
판두께 (mm)						
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	
		40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \leq 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
			75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$
	$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
			40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$
		75 초과 100 이하		$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$				

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

강 종		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
판두께 (mm)					
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) :$ $3.6 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) :$ $5.4 < \frac{l}{b} \leq 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) :$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) :$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm^2) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm^2) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

■ 강재 주거더의 허용응력 증가율

(도.설.해 3.9.3.1)

하중의 조합			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 강재 주거더와의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가설시 하중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

■ 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다)

(도.설.해 3.3.2.3)

볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사호칭					
M 20	31	39	39	50	50
M 22	39	48	48	63	63
M 24	45	56	56	73	73
M 27	58	73	73	-	-
M 30	71	89	89	-	-

② 바닥판 콘크리트(도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	28,693.4 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)	8.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10.000 °C
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ϵ_s)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\phi_2 = 2\phi_1$: 2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중

(도.설.해 2.1.2)

- ① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
- ② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
- ③ 강 재 : 78.500 kN/m³
- ④ 포장 콘크리트 : 23.500 kN/m³

(2) 활 하 중

(도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$$W_c = 11.700 \text{ m}, N = 3 \text{ 차로}$$

$$W = 11.700 / 3 = 3.900 \text{ m} > 3.600 \text{ m}$$

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 3차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

▪ DB-24 하중

- 전륜하중 : $P_f = 24.000$ kN

- 후륜하중 : $P_r = 96.000$ kN

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : $W_l = 12.700$ kN/m

- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108.000$ kN

- 전단력 계산시 집중하중 : $P_s = 156.000$ kN

③ 총 격 계 수

▪ 1 지간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.168 < 0.300 \therefore i = 0.168$$

▪ 2 지간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.136 < 0.300 \therefore i = 0.136$$

▪ 3 지간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.168 < 0.300 \therefore i = 0.168$$

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

- 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

- 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

(6) 풍 하 중

(도.설.해 2.1.9)

단 면 형 상	풍 하 중
$1 \leq B/D < 8$	$(4.0 - 0.2(B/D)) D \geq 6.0$
$8 \leq B/D$	$2.4 D \geq 6.0$

(7) 총 돌 하 중

(도.설.해 2.4.3.3, 도.설.해 2.4.3.6)

- 다음에 제시된 총돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 총돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작 용 높 이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

- 다음에 제시된 총돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 총돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

① 수평 총돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음 식에 의하여 구한다.

$$H = \left(\frac{V}{60}\right)^2 \times 7.5 + 2.5 \text{ (kN/m)}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수평하중을 재하한다.

(다만, 곡률반지름 $R \leq 200\text{m}$ 인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

(8) 원 심 하 중

- 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

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

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않는 활하중의 백분율
 V : 설계속도 (km/h)
 R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 충격을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한대씩 재하된 DB하중을 말함.

3) 설 계 방 법

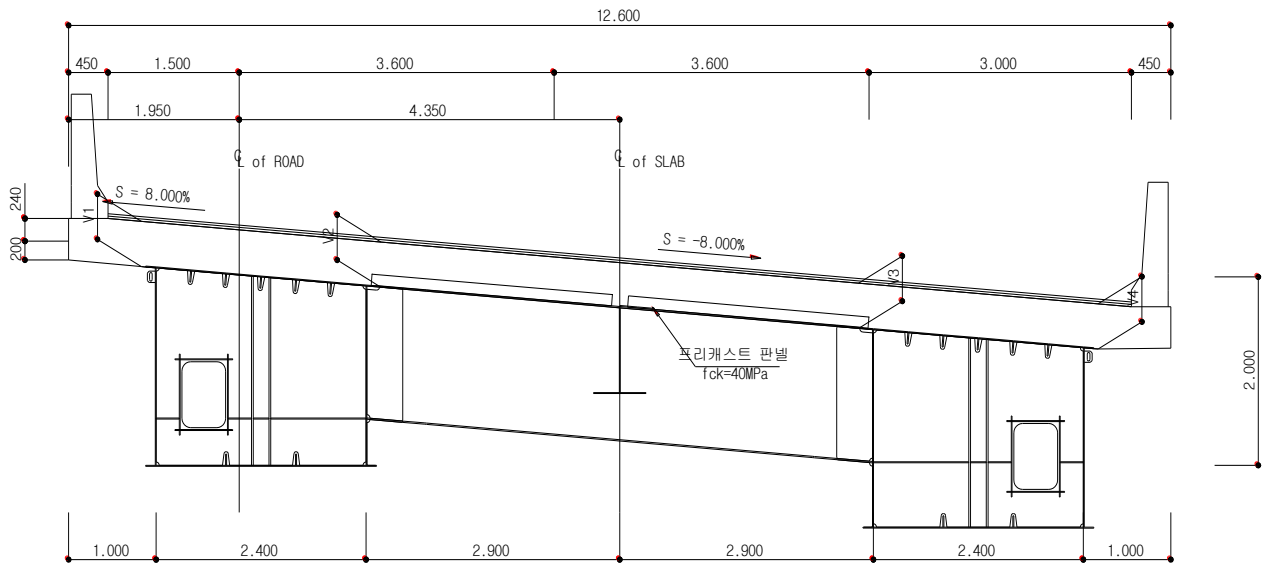
- (1) 바 닥 판 : 강도설계법 + 경험적설계법
(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

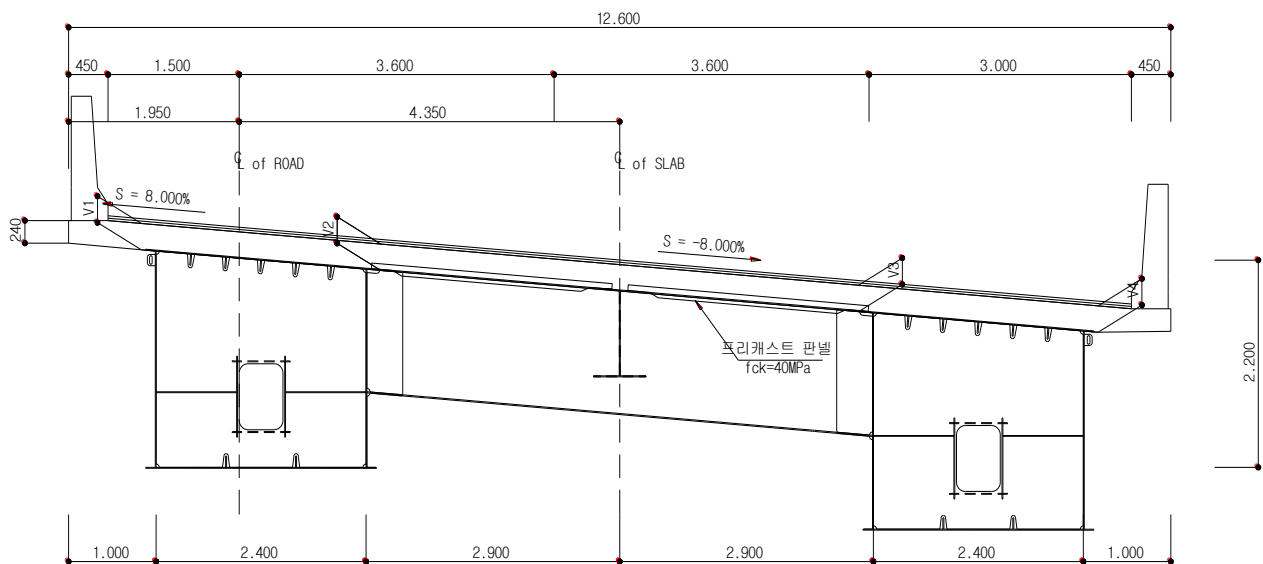
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단면가정

표준형단면도 (단지점부)

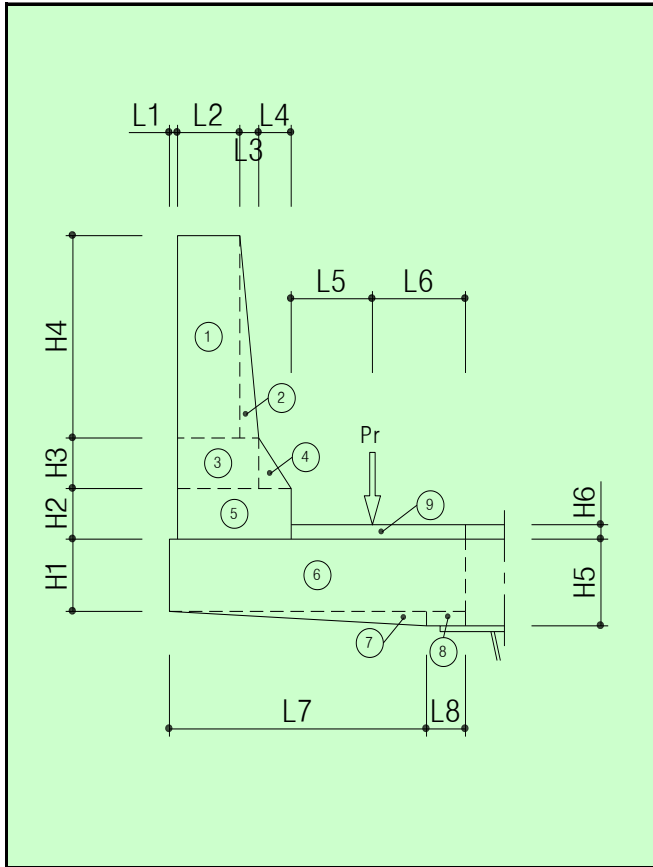


표준형단면도 (일반부)



3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.190 m
H7	0.400 m	L7	0.830 m
R	170.000 m	L8	0.110 m
V	60.000 km/h	L9	0.145 m
콘크리트 단위중량			25.000 kN/m ³
무근콘크리트 단위중량			23.500 kN/m ³
포장 단위중량			23.500 kN/m ³
DB 1후륜 하중 (Pr)			96.000 kN
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.970 \times 25.000$	5.578	0.795	4.434
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$	0.849	0.657	0.557
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.760	0.998
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.570	0.150
5	$0.420 \times 0.175 \times 25.000$	1.838	0.700	1.286
6	$0.940 \times 0.240 \times 25.000$	5.640	0.470	2.651
7	$\frac{1}{2} \times 0.830 \times 0.040 \times 25.000$	0.415	0.387	0.160
8	$0.110 \times 0.040 \times 25.000$	0.110	0.055	0.006
9	$0.490 \times 0.050 \times 23.500$	0.576	0.245	0.141
10	(부가하중 : 투석방지망1)	1.000	0.795	0.795
TOTAL		17.580		11.178

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

- 윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.190 + 1.14 = 1.292 \text{ m}$$

여기서, $X = 0.190 \text{ m}$

- 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.190) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$M_{l+i} = (96.00 / 1.292) \times 0.190 \times (1 + 0.30) = 18.353 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.190 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.190 = 11.900 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.460 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.460 = 14.600 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

③ 곡선반경 R ≤ 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값의 2배를 적용

$$M_{co} = 14.600 \times 2 = 29.200 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²) (도.설.해 2.1.11)

$$P_w = 3.000 \times 1.670 = 5.010 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 5.010 \times (1.670 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = 5.135 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중 (도.설.해 2.1.17)

$$CF = 0.79 V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 170.000 = 16.729 (\%)$$

$$P_{cf} = 96.000 / 1.292 \times 16.729 / 100 = 12.431 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.990 \text{ m}$$

$$M_{cf} = 12.431 \times 1.990 = 24.737 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M _D)	활하중(M _{L+i})	균중하중(M _{L+i})	충돌하중(M _{co})	난간충돌하중(M _{co})	풍하중(M _w)	원심하중(M _{CF})
모 멘 트	11.178	18.353	0.000	29.200	0.000	5.135	24.737

(7) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	14.532	39.459			32.158	86.148
CASE 2	"	14.532	23.859	37.960		32.158	108.508
CASE 3	"	14.532	23.859		3.338	32.158	73.886
CASE 4	"	13.414		35.040	6.162		54.616
CASE 5	"	14.532			6.676		21.207
최대 계수 모멘트							108.508
CASE 6	"	11.178	18.353		1.541	0.000	31.072
CASE 7	"	11.178	18.353	0.000		0.000	29.531
최대 사용 모멘트							31.072

(9) 캔틸레버판 단부 설계

(도.설.해 4.7.6.4)

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.19 \leq 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

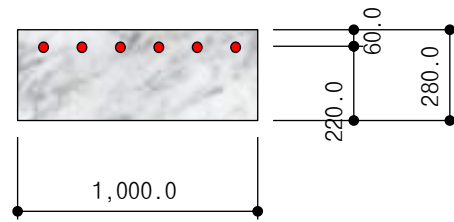
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.190 + 180) = 233.2 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 233.2 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 280.0 \text{ mm} > h_{req} = 233.2 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	=	27.0	MPa	f_y	=	400.0	MPa
M_u	=	108.5	kN·m	M	=	31.1	kN·m
b	=	1,000.0	mm	h	=	280.0	mm
β	=	0.85		d'	=	60.0	mm
ϕ_f	=	0.85		d	=	220.0	mm



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 1,986.0 \times 400.0 = 794,400.0$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 34.614 \text{ mm}$$

$$c = 34.614 / \beta = 34.614 / 0.85 = 40.723 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (220.0 - 40.723) / 40.723 = 0.0132$$

$$\epsilon_t = 0.0132 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

■ 필요 철근량 산정

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①}$$

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 74,800.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$108,508,257.1 = -2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,545.227 \text{ mm}^2$$

■ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = H \ 16 \ @ \ 200.0 = 993.0 \text{ mm}^2$$

$$H \ 16 \ @ \ 200.0 = 993.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 1,986.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.285] \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 770.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 714.5 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 560.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 770.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,596.4 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ max}} \geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 휨에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 34.614 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 1,986.0 \times 400.0 \times (220.0 - a/2) = 136.866 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.261] \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 배력 철근량 산정 (도.설.해 3.6.1.4)

$$\text{백분율} = 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{0.940} = 123.771 \% \geq 67.0 \%$$

$$A_s = 1,545.227 \times 67.000 \% = 1,035.302 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 560.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,035.302 \text{ mm}^2$$

- 배력철근 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 19 @ 250.0 &= 1,146.0 \text{ mm}^2 \\ \Sigma &= 1,146.0 \text{ mm}^2 &[\text{사용률} = 1.107] \quad \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- ② 캔틸레버부 단부 설계 (도.설.해 4.7.6.4)

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다. 배치 범위는 캔틸레버의 고정하중에 대한 지간 0.940m 이상 배치 한다.

- 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 3,090.455 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 22 @ 200.0 &= 1,935.5 \text{ mm}^2 \\ &\text{H } 22 @ 200.0 &= 1,935.5 \text{ mm}^2 \\ \Sigma &= 3,871.0 \text{ mm}^2 &[\text{사용률} = 1.253] \quad \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 2,070.605 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 19 @ 125.0 &= 2,292.0 \text{ mm}^2 \\ \Sigma &= 2,292.0 \text{ mm}^2 &[\text{사용률} = 1.107] \quad \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- ③ 사용성 검토

탄성계수비 n	$= E_s / E_c$	$= 8.0$	
$A_{s \text{ use}}$	$= \text{H } 16 @ 200.0$	$= 993.0 \text{ mm}^2$	(개수 = 10.0 ea)
	$\text{H } 16 @ 200.0$	$= 993.0 \text{ mm}^2$	
		$\Sigma = 1,986.0 \text{ mm}^2$	
철근비 ρ	$= A_s / bd$		
	$= 1,986.0 / (1,000.0 \times 220.0)$	$= 0.00903$	
중립축 k	$= -np + \sqrt{(2np + (np)^2)}$		
	$= -0.0722 + \sqrt{(2 \times 0.0722 + 0.0722^2)}$	$= 0.31463$	
중립축 거리 x	$= k \times d = 0.31463 \times 220.0$	$= 69.219$	
j	$= 1 - k / 3 = 1 - 0.315 / 3$	$= 0.895$	
철근 응력 f_s	$= M / (A_s \times j \times d)$		
	$= 31.07 / (1,986.0 \times 0.895 \times 220.0)$	$= 79.448 \text{ MPa}$	

- 균 열 검 토 (콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3})$$

$$= 375 \times (210 / 79.448) - 2.5 \times 52.050 = 861.095 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

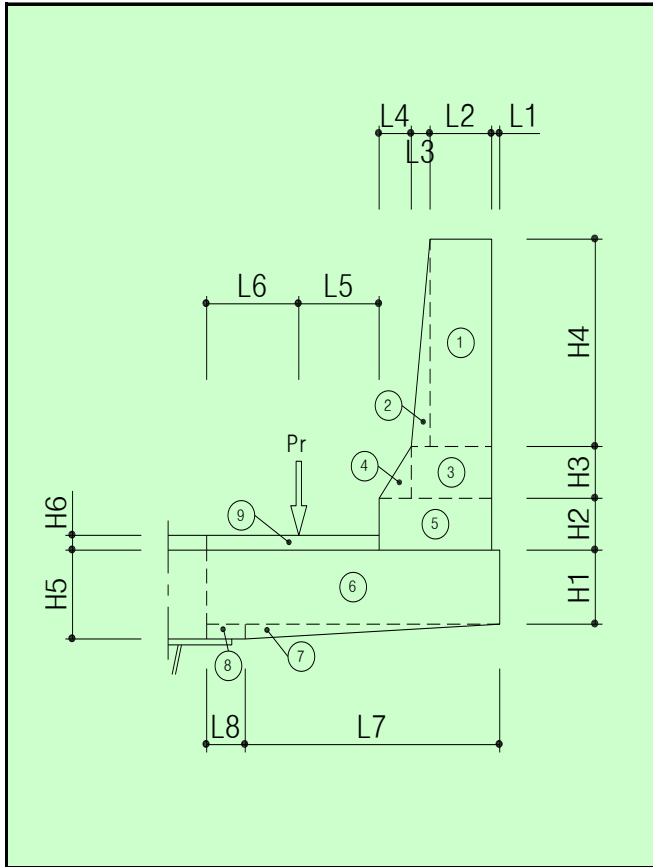
$$= 300 \times (210 / 79.448) = 792.976 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 792.976 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 10.0\text{ea} = 100.0 \text{ mm} \leq s_a = 793.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

3. 바닥판 설계

3.2 우측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.190 m
H7	-0.320 m	L7	0.830 m
R	170.000 m	L8	0.110 m
V	60.000 km/h	L9	0.145 m
콘크리트 단위중량		25.000 kN/m ³	
무근콘크리트 단위중량		23.500 kN/m ³	
포장 단위중량		23.500 kN/m ³	
DB 1후륜 하중 (Pr)		96.000 kN	
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.970 \times 25.000$	5.578	0.795	4.434
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$	0.849	0.657	0.557
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.760	0.998
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.570	0.150
5	$0.420 \times 0.175 \times 25.000$	1.838	0.700	1.286
6	$0.940 \times 0.240 \times 25.000$	5.640	0.470	2.651
7	$\frac{1}{2} \times 0.830 \times 0.040 \times 25.000$	0.415	0.387	0.160
8	$0.110 \times 0.040 \times 25.000$	0.110	0.055	0.006
9	$0.490 \times 0.050 \times 23.500$	0.576	0.245	0.141
10	(부가하중 : 투석방지망2)	1.000	0.795	0.795
TOTAL		17.580		11.178

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윗하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.190 + 1.14 = 1.292 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.190 \text{ m}$$

▪ 충격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.190) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.292) \times 0.190 \times (1 + 0.30) = 18.353 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

(도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2 \times 7.5 + 2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로
충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.190 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.190 = 11.900 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.460 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.460 = 14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R ≤ 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값의 2배를 적용

$$Mco = 14.600 \times 2 = 29.200 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²)

(도.설.해 2.1.11)

$$Pw = 3.000 \times 0.950 = 2.850 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 2.850 \times (0.950 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = 1.895 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중

(도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79 V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 170.000 = 16.729 (\%)$$

$$Pcf = 96.000 / 1.292 \times 16.729 / 100 = 12.431 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.990 \text{ m}$$

$$Mcf = 12.431 \times 1.990 = 24.737 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	균중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	11.178	18.353	0.000	29.200	0.000	1.895	24.737

(7) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	14.532	39.459			32.158	86.148
CASE 2	"	14.532	23.859	37.960		32.158	108.508
CASE 3	"	14.532	23.859		1.232	32.158	71.780
CASE 4	"	13.414		35.040	2.274		50.728
CASE 5	"	14.532			2.464		16.995
최대 계수 모멘트							108.508
CASE 6	"	11.178	18.353		0.569	0.000	30.100
CASE 7	"	11.178	18.353	0.000		0.000	29.531
최대 사용 모멘트							30.100

(9) 캔틸레버판 단부 설계

(도.설.해 4.7.6.4)

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.19 \leq 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

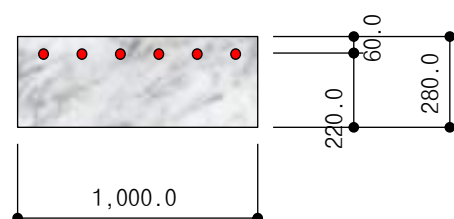
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.190 + 180) = 233.2 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 233.2 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 280.0 \text{ mm} > h_{req} = 233.2 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

$f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$	$f_y = 400.0 \text{ MPa}$
$M_u = 108.5 \text{ kN·m}$	$M = 30.1 \text{ kN·m}$
$b = 1,000.0 \text{ mm}$	$h = 280.0 \text{ mm}$
$\beta = 0.85$	$d' = 60.0 \text{ mm}$
$\phi_f = 0.85$	$d = 220.0 \text{ mm}$



▪ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정 (콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 1,986.0 \times 400.0 = 794,400.0$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 \ a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 34.614 \text{ mm}$$

$$c = 34.614 / \beta = 34.614 / 0.85 = 40.723 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d_t - c) / c = 0.003 \times (220.0 - 40.723) / 40.723 = 0.0132$$

$$\epsilon_t = 0.0132 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{ 를 적용한다.}$$

▪ 필요 철근량 산정

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 \ A_s \text{ ----- ①}$$

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 74,800.0 \ A_s - 170.0 \ A_s \cdot a \text{ ----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$108,508,257.1 = -2.962963 \ A_s^2 + 74,800.0 \ A_s$$

$$\therefore A_{s \ req} = 1,545.227 \text{ mm}^2$$

▪ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \ use} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 16 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 993.0 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 1,986.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.285] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 철근량 검토

$$A_{s \ min} = 1.4 / f_y \times b \times d = 770.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 714.5 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 560.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \ min} = 770.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \ max} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,596.4 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})$$

$$\therefore A_{s \ max} \geq A_{s \ use} \geq A_{s \ min} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 휨에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 34.614 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 1,986.0 \times 400.0 \times (220.0 - a/2) = 136.866 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq M_u \quad [\text{사용률} = 1.261] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배력 철근량 산정 (도.설.해 3.6.1.4)

$$\text{백분율} = 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{0.940} = 123.771 \% \geq 67.0 \%$$

$$A_s = 1,545.227 \times 67.000 \% = 1,035.302 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축}\cdot\text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 560.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \ req} = 1,035.302 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \ use} = \text{H } 19 @ 250.0 = 1,146.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 1,146.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.107] \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 캔틸레버부 단부 설계

(도.설.해 4.7.6.4)

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다. 배치 범위는 캔틸레버의 고정하중에 대한 지간 0.940m 이상 배치 한다.

▪ 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 3,090.455 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 22 @ 200.0 = 1,935.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{H } 22 @ 200.0 = 1,935.5 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 3,871.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.253] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 2,070.605 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 19 @ 125.0 = 2,292.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 2,292.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.107] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	=	E_s / E_c	=	8.0	
$A_{s \text{ use}}$	=	H 16 @ 200.0	=	993.0 mm ²	(개수 = 10.0 ea)
		H 16 @ 200.0	=	993.0 mm ²	
			Σ	=	1,986.0 mm ²
철근비 ρ	=	A_s / bd			
	=	$1,986.0 / (1,000.0 \times 220.0)$	=	0.00903	
중립축 k	=	$-np + \sqrt{(2np + (np)^2)}$			
	=	$-0.0722 + \sqrt{(2 \times 0.0722 + 0.0722^2)}$	=	0.31463	
중립축 거리 x	=	$k \times d$	=	0.31463×220.0	= 69.219
	j	= $1 - k / 3$	=	$1 - 0.315 / 3$	= 0.895
철근 응력 f_s	=	$M / (A_s \times j \times d)$			
	=	$30.10 / (1,986.0 \times 0.895 \times 220.0)$	=	76.962 MPa	

▪ 균 열 검 토

(콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3})$$

$$= 375 \times (210 / 76.962) - 2.5 \times 52.050 = 893.104 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

$$= 300 \times (210 / 76.962) = 818.583 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 818.583 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 10.0\text{ea} = 100.0 \text{ mm} \leq s_a = 818.6 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

3. 바닥판 설계

3.3 중 앙 부(경험적 설계법 + 프리캐스트 패널)

1) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

(도.설.해 4.7.7.3)

(1) 설 계 조 건

① 지지부재 : 강재 주거더

② 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생도어야 함

③ 거더 플랜지부의 현치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을

제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 함

④ 바닥판의 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경

$$6 \leq 2,765.0 \text{ mm} / 264.0 \text{ mm} = 10.47 \leq 15$$

..... 0.K !!

⑤ 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우

$$8.0 \text{ mm} + 164.0 \text{ mm} + 8.0 \text{ mm} = 179.90 \geq 150$$

..... 0.K !!

⑥ 유효 지간이 표준차선평폭 3.6m 이하인 경우

$$2.765 \text{ m} \leq 3.600 \text{ m}$$

..... 0.K !!

⑦ 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우

$$264.0 \text{ mm} \geq 240.0 \text{ mm}$$

..... 0.K !!

⑧ 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 5배 이상이거나 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께에 3배 이상이고 연속인 콘크리트 방호책과 구조적으로 합성이 된 경우

※ 캔틸레버 길이 5배 규정은 도.설.해 4.7.4.1 바닥판 최소두께 기준을 만족시키지 못하므로 무시

$$\text{좌측 캔틸레버 (방호책있음)} : 0.940\text{m} \geq 0.264\text{m} \times 3 = 0.792\text{m} \quad \text{..... 0.K !!}$$

$$\text{우측 캔틸레버 (방호책있음)} : 0.940\text{m} \geq 0.264\text{m} \times 3 = 0.792\text{m} \quad \text{..... 0.K !!}$$

⑨ 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우

$$27.0 \text{ MPa} \geq 27.0 \text{ MPa}$$

..... 0.K !!

⑩ 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동을 하여야함

(2) 철근 배근량

(도.설.해 4.7.7.4)

위 치			산 정 식				검 토	
주 철 근	하 면 철 근	필요철근량	264,000.0	×	0.4%	=	1,056.0 mm ²	 0.K !!
		1 Cycle	H 16	@	400.0	=	496.5 mm ²	
		프리캐스트	H 13	@	120.0	=	1,055.8 mm ²	
	상 면 철 근	필요철근량	264,000.0	×	0.3%	=	792.0 mm ²	 0.K !!
		1 Cycle	H 16	@	400.0	=	496.5 mm ²	
		2 Cycle	H 16	@	400.0	=	496.5 mm ²	
배 력 철 근	하 면 철 근	필요철근량	264,000.0	×	0.3%	=	792.0 mm ²	 0.K !!
		사용철근량	H 16	@	250.0	=	794.4 mm ²	
	상 면 철 근	필요철근량	264,000.0	×	0.3%	=	792.0 mm ²	 0.K !!
		사용철근량	H 16	@	250.0	=	794.4 mm ²	
바닥판 슬래브 단면적 = 1,000.0 mm × 264.0 mm = 264,000.0 mm ²								

3. 바닥판 설계

3.4 내부지점부 주장을검토

(도.설.해 3.9.2.3)

- 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적에 1.5% 이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다. 이경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장은 0.0035 mm/mm² 이상으로 하면 좋다. 또한 바닥판 작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
- 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착한다.

- 필요 철근량 산정

$$A_c = 1,000.0 \times 264.0 = 264,000.0 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 264,000.0 \times 1.5\% = 3,960.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 철근량

$$\begin{array}{rcll} \therefore A_{s \text{ use}} = & \text{H } 22 @ 125.0 & = & 3,096.8 \text{ mm}^2 \\ & \text{H } 22 @ 125.0 & = & 3,096.8 \text{ mm}^2 \\ \hline \Sigma & = & 6,193.6 \text{ mm}^2 & [\text{사용률} = 1.564] \dots\dots \text{O.K !!} \end{array}$$

- 주장을 검토

$$\text{사용철근 개수} : 8.000 + 8.000 = 16.00 \text{ EA/m}$$

$$\text{주 장 른} : \mu = \frac{\pi \times D \times n + \pi \times D \times n}{1000 \times t_m} > 0.0035 \text{ mm/mm}^2$$

여기서, D : 철근 직경

n : 철근 개수

1,000 : 단위 폭 (mm)

t_m : 중간 슬래브 두께 (mm)

$$\mu = \frac{\pi \times 22.20 \times 8.00 + \pi \times 22.20 \times 8.00}{1,000.00 \times 264.00} = 0.0042 \text{ mm/mm}^2$$

$$\mu = 0.0042 \text{ mm/mm}^2 > \mu_a = 0.0035 \text{ mm/mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

3.5 프리캐스트 패널 합성전 검토

(1) 일반조건

교량명	상부형식	연장	교량폭원	평면선형
옥산JCT-R-D교	SEB 거더교	170.3 m	12.60 m	곡선교

(2) 재료강도 및 특성

구 분		Rib Deck	바닥판 슬래브
콘크리트	압축강도(fck)	40 MPa	27 MPa
	탄성계수(Ec)	$8500^3 \sqrt{f_{cu}} = 30,891$ MPa	$8500^3 \sqrt{f_{cu}} = 27,804$ MPa
철근 (SD40)	항복강도(fy)	400 MPa	400 MPa
	탄성계수(Es)	200,000 MPa	200,000 MPa
Truss Girder (KS D3552)	항복강도(fy)	460 MPa	
	탄성계수(Es)	205,000 MPa	

(3) 단위중량

구 분	철근 콘크리트	포장
단위중량	25.0 kN/m³	23.5 kN/m³

(4) 프리캐스트 패널 설계제원

슬래브 평균두께(T)	280	플랜지 높이(H)	60	Top Bar 2 직경(Φ)	16
순지간(L)	2,630	Diagonal-Bar 피치	200	RiB DECK단위폭(B)	400
계산지간(L')	2,690	RiB 높이(t)	50	포장두께(T1)	50
Top Bar 1 직경(Φ)	16	Bottom Bar 직경(Φ)	6	Main Bar 직경(Φ)	13

(5) 합성전 안전성 검토

▪ 하중산정

1) 하중산정기준 (콘크리트표준시방서)

① 고정하중 : 콘크리트의 자중

② 활하중 : 3.75 kN/m² (진동식 카트 장비 사용시)

2) 고정하중

① RiB DECK 자중

$$M_p = [(0.06 \times 0.4 \times 25) + 0.5 \times (0.1 + 0.22) \times 0.06 \times 25] \times 2.69^2 / 8 = 0.724 \text{ kN.m}$$

② 현장타설 콘크리트 하중(후타설 콘크리트)

$$M_c = (0.22 \times 0.4 \times 25) \times 2.69^2 / 8 = 1.990 \text{ kN.m}$$

③ 고정하중에 의한 부재력

$$M_D = M_p + M_c = 0.724 + 1.99 = 2.714 \text{ kN.m}$$

3) 활하중

① 활하중

$$M_A = (3.75 \times 0.4) \times 2.69^2 / 8 = 1.357 \text{ kN.m}$$

② 활하중에 의한 부재력

$$M_L = M_A = 1.357 = 1.357 \text{ kN.m}$$

(6) 단면상수 산정 및 철근 극한응력 검토

1) 단면상수 산정

구분	A(mm ²)	y(mm)	A×y(mm ³)	A×y ² (mm ⁴)	I(mm ⁴)
Top Bar	201.062	167.000	33577	5607416	3137.317
Bottom Bar	56.549	53.000	2997	158845	159.623
Main Bar 1	253.400	6.350	1609	10218	2553.964
Main Bar 2	168.891	56.350	9517	536284	1702.217
계	679.902		47701	6312763	7553.121

$$\begin{aligned} \chi &= 47700.525 / 679.902 = 70.158 \text{ mm} \\ y_{\ell} &= 70.158 \text{ mm}, \quad y_u = 104.842 \text{ mm} \\ I &= 7553.121 + 6312763 - (679.902 \times 70.158^2) \\ &= 2973741.204 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

2) 응력 검토

: 공사중 압축력을 받는 상부철근의 안전성 검토는 본계산이 실제발생응력이 아닌 극한 응력을 토대로 검토하게 되므로 Diagonal bar에 의하여 강결제작용된 Top Bar의 길이와 Top Bar의 단면적에 의한 세장비를 고려한 감소계수를 추가로 적용하여 안전성 검토를 수행한다.

① Top Bar(Φ16) 응력검토

▪ Top-Bar의 응력산정

$$\begin{aligned} - M_u &= M_D + M_{\ell} = 2713.538 + 1356.769 = 4070.306 \text{ kN.m} \\ - f_c &= \frac{M_u}{I} y_u = 4070.30625 \times 104.842 / 2973741.204 = 0.144 \text{ kN/mm}^2 \\ &= 143.500 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 허용압축응력(f_a) 산정(도로교설계기준 3.3.2)

$$\begin{aligned} - \text{단 면 적} : A &= 201.062 \text{ mm}^2 \\ - 2\text{차 회전반경} : r &= \sqrt{I/A} = 1/4 d = 4.000 \text{ mm} \\ - \text{세 장 비} : \lambda &= l/r = 0.80 \times 200 / 4 = 40.0 \end{aligned}$$

여기서, 세장비 계산을 위한 유효깊이 계수(β)는 0.80를 적용함.

▶ 국부 좌굴을 고려하지 않는 허용축방향 압축응력

$$\begin{aligned} \frac{l}{r} &= 40.0, \quad 13.7 < \frac{l}{r} < 68.6 \text{ 인 경우 이므로} \\ f_a &= 260 - 2.07 \times \left(\frac{l}{r} - 13.7 \right) = 260 - 2.07 \times (40 - 13.7) \\ &= 206.000 \text{ MPa} > 143.500 \text{ MPa} \quad \therefore 0.K \quad 69.66\% \end{aligned}$$

② 하단인장철근 검토

$$\begin{aligned} f_s &= 4070.306 \times 70.158 / 2973741.204 \\ &= 0.096 \text{ kN/mm}^2 = 96.03 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa} \quad \therefore 0.K \quad 60.02\% \end{aligned}$$

(7) 합성후 수평전단(Horizontal Shear) 검토

- ▶ 본 항에서는 Rib-Deck와 그 위에 타설되는 현장콘크리트가 합성되는 접합면에서 발생하는 수평 전단력에 대해 Rib-Deck에 삽입되어 돌출된 Truss Girder의 Diagonal-Bar에 의한 전단강도에 대해 검토함.
- ▶ Rib-Deck와 그 위에 타설되는 현장콘크리트가 합성되는 접합면에서 발생하는 수평전단력에 대한 마찰저항력이 최대한 발생하기 위해 Rib-Deck 상면의 마찰조도를 확보하여 제작됨.
- ▶ 기수행한 Rib-Deck의 구조적 안전성 확보에 대한 실험에서 신·구콘크리트의 일체화는 충분히 검증되었음.

1) 하중산정

① 고정하중

▪ 포 장	$0.05 \times 23.5 \times 0.4 =$	0.470	KN/m
▪ Rib-Deck :	$0.05 \times 25 \times 0.4 + 0.0108 \times 25 =$	0.770	KN/m
▪ 바닥판	$: 0.22 \times 25 \times 0.4 =$	2.200	KN/m
계(w_d) :		3.440	KN/m

$$V_d = \frac{w_d \ell}{2} = \frac{3.44 \times 2.69}{2} = 4.627 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

② 활하중

- 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.69) = 0.351 > 0.3$ 이므로
 $\therefore i = 0.3$ 적용

$$M_\ell = \frac{L + 0.6}{9.6} \times P_{24} = \frac{2.69 + 0.6}{9.6} \times 96 = 32.900 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\ell+i} = 32.900 \times (1 + 0.3) \times 0.8 = 34.216 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$w_{\ell+i} = \frac{34.216 \times 10}{7.236} = 47.285 \text{ KN/m}$$

$$V_{\ell+i} = \frac{47.285 \times 2.69}{2} \times 0.40 \text{ (단위폭)} = 25.439 \text{ KN}$$

③ 극한전단력

$$V_u = 1.3 \times 4.63 + 2.15 \times 25.44 = 60.710 \text{ KN}$$

2) 전단력 산정

- 지점에서 유효깊이(d)만큼 떨어진 위치에서의 V_u

$$V_u = 60.71 \times (134.5 - 22.0) / 134.5 = 50.779 \text{ KN}$$

3) 수평전단검토

① 수평전단강도 검토 (콘크리트구조설계기준 해설.2007, 17.3.2 수평전단강도)

: 합성부재의 제작형태는 최소 전단연결재(Diagonal-Bar)가 있고, 접촉면이 청결하고 부유물이 없으며 표면이 6mm 깊이로 거칠게 만들어진 경우로 적용함.

$$\begin{aligned} \phi V_{nh} &= \phi \times (1.8 + 0.6 \rho_v f_y) \times \lambda \times b_v \times d \\ &= 0.75 \times (1.8 + 0.6 \times 0.000708 \times 460) \\ &\quad \times 1 \times 400 \times 220 \\ &= 131.688 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\rho_v = \frac{28.300 \times 2 \text{ ea}}{400 \times 200} = 0.000708$$

여기서, ρ_v = 접촉면에 대한 전단연결재 면적의비

λ : (보통콘크리트에 일부러 표면을 거칠게 만든 콘크리트에 새로 친 콘크리트의 경우)

$$\begin{aligned} \phi V_{nh} &= \phi \times 3.5 \times b_v \times d \\ &= 0.75 \times 3.5 \times 400 \times 220 \\ &= 231.000 \text{ KN} > 131.688 \text{ KN} \end{aligned}$$

∴ 따라서 $\phi V_{nh} = 131.688 \text{ KN}$ 적용

$$\phi V_{nh} = 131.688 \text{ KN} > V_u = 50.779 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 최대간격 검토

$$S_v = 200 \text{ mm} < S_{v_{\max}} = 600 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

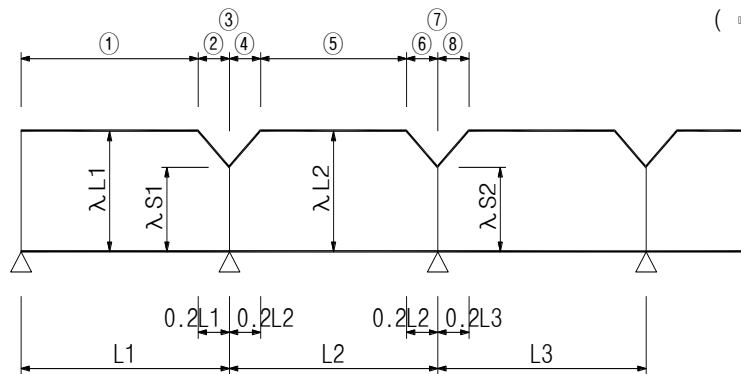
4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려하여 단면응력을 검토 하도록 하며, 해석 시에는 전단면을 적용한다.

1) 플랜지 유효폭

(도.설.해 3.8.3.4)



지 간 장	L1	L2	L3				
	49.450 m	70.000 m	49.450 m				

▪ 등가 지간장 산정식

- 연속거더

① λ_{L1} (지간 중앙부) : $l = 0.8 \cdot L_1$

⑤ λ_{L2} (지간 중앙부) : $l = 0.6 \cdot L_2$

③ λ_{S1} (중간지점) : $l = 0.2 \cdot (L_1 + L_2)$

⑦ λ_{S2} (중간지점) : $l = 0.2 \cdot (L_2 + L_3)$

②④⑥⑧ 양단의 유효폭을 사용하여 직선적으로 변화한다.

▪ 유효폭 산정식

(도.설.해 3.8.3.4)

- 지간 중앙부 유효폭 산정식

$b/l < 0.05$, $\lambda = b$

$0.05 < b/l < 0.30$, $\lambda = \{1.1 - 2(b/l)\} \times b$

$b/l > 0.30$, $\lambda = 0.15 \times l$

- 지점부 유효폭 산정식

$b/l < 0.02$, $\lambda = b$

$0.02 < b/l < 0.30$, $\lambda = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \times b$

$b/l > 0.30$, $\lambda = 0.15 \times l$

- 플랜지 돌출폭

$b =$ 각 위치별 상부플랜지 폭 / 2 를 적용

- 플랜지 유효폭

$B = 2 \times ((\lambda L \text{ or } \lambda S) + be)$

[G1]

(단위 : m)

위치	단면 번호	능가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재 플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
C1(A1)	1	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C2	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C3	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C4	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C5	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C6	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C7	3	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C8	4	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C9	5	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	5	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C10	6	직선변화							1.147	1.147	2.534	2.534
C11(P1)	7	23.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.093	1.093	2.425	2.425
C12	6	직선변화							1.131	1.131	2.502	2.502
C13	5	직선변화							1.169	1.169	2.579	2.579
0.20L	5	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C14	8	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C15	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C16	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C17	10	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C18	10	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C19	10	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C20	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C21	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C22	8	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	8	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C23	5	직선변화							1.169	1.169	2.579	2.579
C24	6	직선변화							1.131	1.131	2.502	2.502
C25(P2)	7	23.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.093	1.093	2.425	2.425
C26	6	직선변화							1.147	1.147	2.534	2.534
0.20L	6	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C27	5	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C28	4	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C29	3	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C30	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C31	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C32	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C33	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C34	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C35(A2)	1	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640

[G2]

(단위 : m)

위치	단면 번호	능가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재 플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
C1(A1)	1	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C2	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C3	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C4	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C5	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C6	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C7	3	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C8	4	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C9	5	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	5	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C10	6	직선변화							1.147	1.147	2.534	2.534
C11(P1)	7	23.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.093	1.093	2.425	2.425
C12	6	직선변화							1.131	1.131	2.502	2.502
C13	5	직선변화							1.169	1.169	2.579	2.579
0.20L	5	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C14	8	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C15	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C16	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C17	10	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C18	10	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C19	10	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C20	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C21	9	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C22	8	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	8	42.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.029	0.029	1.200	1.200	2.640	2.640
C23	5	직선변화							1.169	1.169	2.579	2.579
C24	6	직선변화							1.131	1.131	2.502	2.502
C25(P2)	7	23.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.093	1.093	2.425	2.425
C26	6	직선변화							1.147	1.147	2.534	2.534
0.20L	6	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C27	5	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C28	4	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C29	3	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C30	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C31	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C32	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C33	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C34	2	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640
C35(A2)	1	39.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.030	0.030	1.200	1.200	2.640	2.640

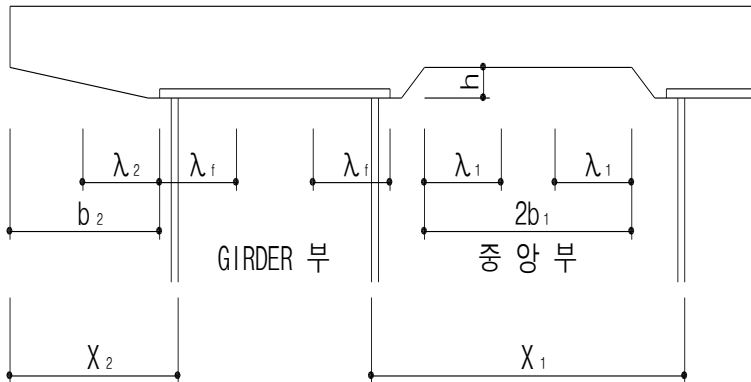
2) 바닥판 유효폭

(도.설.해 3.8.3.4, 3.9.2.4)

바닥판의 유효폭의 계산은 플랜지의 유효폭 계산 규정에 의하고, λ 와 b 는 아래 그림과 같이 한다.

이 경우 수평에 대한 현치의 경사는 도.설.해 3.6.1.10의 규정에 의하지만 계산상에는 45°로 취급한다.

(1) 좌측 캔틸레버부 (G1)



X_1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격
 X_2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리
 h : 현치 높이
 b_e : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리
 $2b_1 = X_1 - 2(b_e + h)$
 $b_2 = X_2 - b_e$

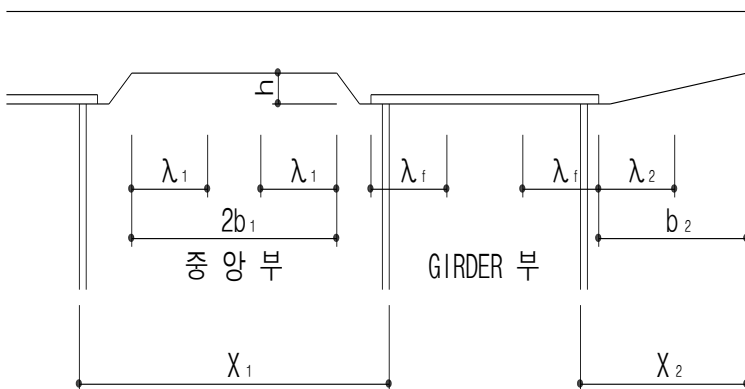
[G1]

(단위 : m)

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C1(A1)	1	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C2	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C3	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
0.20L	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C4	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C5	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C6	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C7	3	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C8	4	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C9	5	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
0.20L	5	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C10	6	직선변화										2.377	0.857	0.000	5.769
C11(P1)	7	23.890	2.425	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.116	0.037	0.000	2.081	0.834	0.000	5.341
C12	6	직선변화										2.298	0.851	0.000	5.651
C13	5	직선변화										2.516	0.867	0.000	5.962
0.20L	5	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C14	8	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C15	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C16	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C17	10	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C18	10	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C19	10	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C20	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C21	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C22	8	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
0.20L	8	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C23	5	직선변화										2.516	0.867	0.000	5.962
C24	6	직선변화										2.298	0.851	0.000	5.651
C25(P2)	7	23.890	2.425	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.116	0.037	0.000	2.081	0.834	0.000	5.341
C26	6	직선변화										2.377	0.857	0.000	5.769
0.20L	6	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C27	5	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C28	4	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C29	3	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C30	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C31	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C32	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C33	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C34	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C35(A2)	1	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187

(2) 우측 캔틸레버부 (G2)



X_1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격
 X_2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리
 h : 현치 높이
 b_e : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리
 $2b_1 = X_1 - 2(b_e + h)$
 $b_2 = X_2 - b_e$

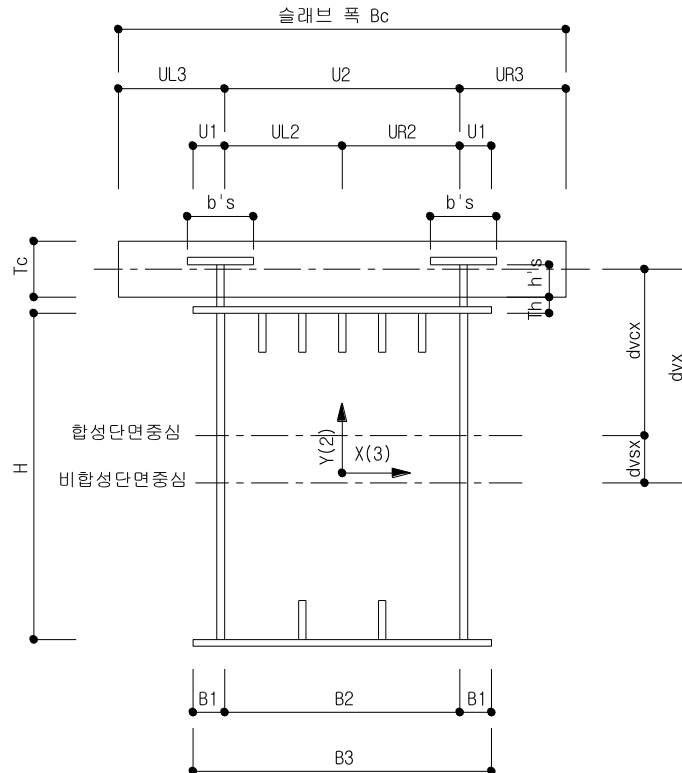
[G2]

(단위 : m)

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C1(A1)	1	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C2	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C3	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
0.20L	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C4	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C5	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C6	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C7	3	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C8	4	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C9	5	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
0.20L	5	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현차 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C10	6	직선변화										2.377	0.857	0.000	5.769
C11(P1)	7	23.890	2.425	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.116	0.037	0.000	2.081	0.834	0.000	5.341
C12	6	직선변화										2.298	0.851	0.000	5.651
C13	5	직선변화										2.516	0.867	0.000	5.962
0.20L	5	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C14	8	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C15	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C16	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C17	10	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C18	10	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C19	10	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C20	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C21	9	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C22	8	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
0.20L	8	42.000	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.066	0.021	0.000	2.690	0.880	0.000	6.210
C23	5	직선변화										2.516	0.867	0.000	5.962
C24	6	직선변화										2.298	0.851	0.000	5.651
C25(P2)	7	23.890	2.425	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.116	0.037	0.000	2.081	0.834	0.000	5.341
C26	6	직선변화										2.377	0.857	0.000	5.769
0.20L	6	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C27	5	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C28	4	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C29	3	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C30	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C31	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C32	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C33	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C34	2	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187
C35(A2)	1	39.560	2.640	0.000	5.800	1.000	0.000	0.120	0.070	0.022	0.000	2.667	0.880	0.000	6.187

4.2 단 면 가 정



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

B_c : 바닥판 콘크리트의 폭

T_c : 바닥판 콘크리트의 두께

T_h : 바닥판 콘크리트의 현치 높이

$b's$: Bieup 플랜지 폭

$h's$: Bieup Web 높이

N : 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)

A_c : 바닥판 콘크리트의 단면적

A_v : 합성후 (강재 + Half-Deck + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적

$I_{cx}(y)$: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트

$d_{vx}(y)$: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{vcx}(y)$: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{vsx}(y)$: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리

(합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)

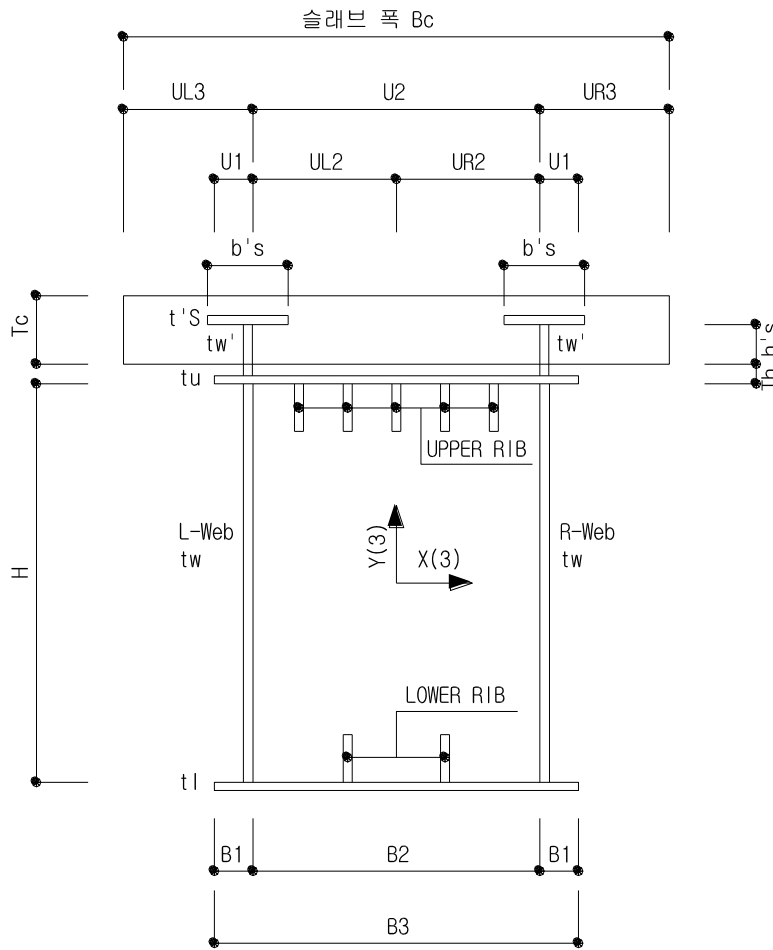
I_{33} : 합성전 강재단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트

I_{22} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

I_{v33} : 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트

I_{v22} : 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

© FRAME SECTION NAME 1 < G1 >



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 480.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 0.0 \text{ mm}$$

$$b's = 0.0 \text{ mm}$$

$$t's = 0.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 0.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,000.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,010.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,010.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,005.0	2.653E+07	2.666E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	940.0	6.768E+06	6.362E+09	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
R - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-940.0	-2.707E+06	2.545E+09	3.456E+06
LOWER FL	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-1,006.0	-3.187E+07	3.206E+10	3.802E+05
합 계		116,160.0	-	-1.277E+06	6.763E+10	1.601E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.533E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+04
L - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-1,206.0	-2.894E+07	3.491E+10	2.880E+05
R - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	1,206.0	2.894E+07	3.491E+10	2.880E+05
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합 계		116,160.0	-	0.000E+00	6.981E+10	3.373E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 67,632,648,480.0 + 16,012,696,160.0 = 8.365\text{E}+10 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -1,277,280.0 / 116,160.0 = -11.0 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 83,645,344,640.0 - 116,160.0 \times -11.0^2 = 8.363\text{E}+10 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 69,812,928,000.0 + 33,733,560,960.0 = 1.035\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 116,160.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 103,546,488,960.0 - 116,160.0 \times 0.0^2 = 1.035\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,000.0 + 10.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,011.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,011.0 = 4.851\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 4,850,532.0^2 / \{ (2,011.0 + 2,011.0) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.211\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 480.0 = 3.024E+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 116,160.0 + 3,024,000.0 / 8.0 = 4.942E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 480.0^3 / 12 = 5.806E+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,000.0 / 2 - -11.0 + 0.0 + 480.0 / 2 = 1,251.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,251.0 \times 116,160.0 / 494,160.0 = 294.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,251.0 - 294.1 = 956.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 83,631,299,838.0 + 58,060,800,000.0 / 8.0 + 116,160.0 \times 956.9^2 \\ &\quad + 3,024,000.0 / 8.0 \times 294.1^2 = 2.299E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 480.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 1.000E+13 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 116,160.0 / 494,160.0 = 223.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 223.3 = 726.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 103,546,488,960.0 + 10,001,880,000,000.0 / 8.0 + 116,160.0 \times 726.7^2 \\ &\quad + 3,024,000.0 / 8.0 \times 223.3^2 = 1.434E+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

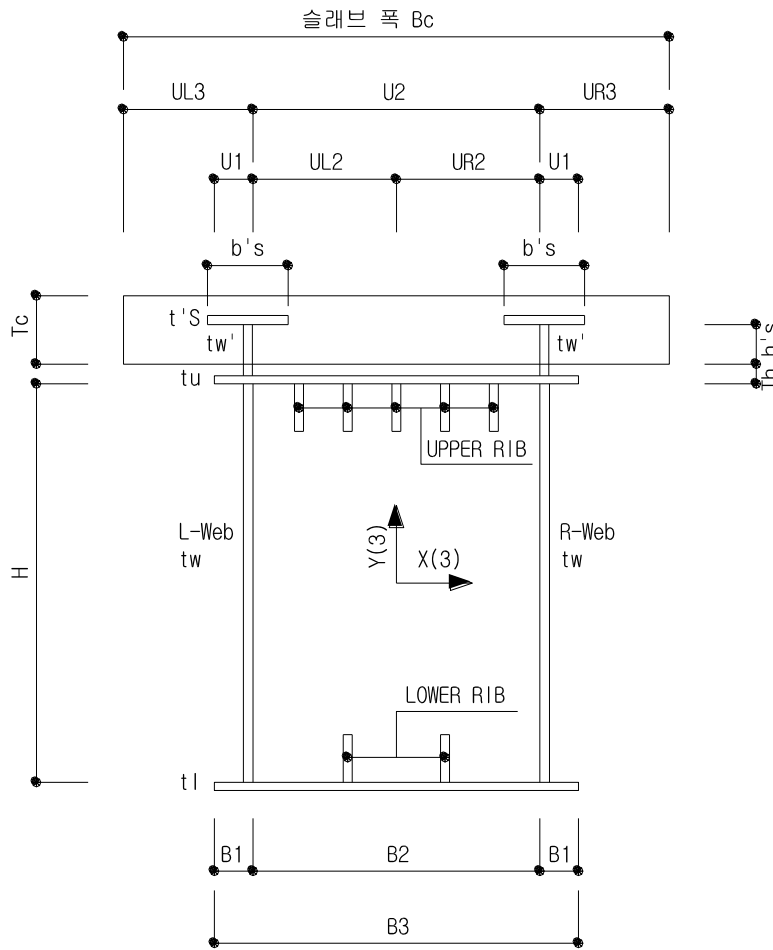
$$tcu = tu + T_c / n = 10.0 + 480.0 / 8.0 = 70.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,000.0 + 70.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,041.0 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,041.0 = 4.923E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,922,892.0^2 / \{ (2,041.0 + 2,041.0) / 12.0 + 2,412.0 / 70.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.684E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 2 < G1 >



Bc	=	6,300.0	mm
U1	=	120.0	mm
U2	=	2,400.0	mm
UL2	=	1,200.0	mm
UR2	=	1,200.0	mm
U3	=	0.0	mm
UL3	=	1,000.0	mm
UR3	=	2,900.0	mm
B1	=	120.0	mm
B2	=	2,400.0	mm
B3	=	2,640.0	mm
Tc	=	280.0	mm
Th	=	0.0	mm
h's	=	0.0	mm
b's	=	0.0	mm
t's	=	0.0	mm
tw'	=	0.0	mm
H	=	2,200.0	mm
n	=	8.0	
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

X(3)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,110.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,110.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,105.0	2.917E+07	3.224E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	1,040.0	7.488E+06	7.788E+09	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-1,040.0	-2.995E+06	3.115E+09	3.456E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-1,106.0	-3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
합 계		120,960.0	-	-1.373E+06	8.189E+10	2.131E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.533E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+04
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-1,206.0	-3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	1,206.0	3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합 계		120,960.0	-	0.000E+00	7.679E+10	3.373E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 81,889,704,480.0 + 21,308,696,160.0 = 1.032\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -1,373,280.0 / 120,960.0 = -11.4 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 103,198,400,640.0 - 120,960.0 \times -11.4^2 = 1.032\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 76,794,220,800.0 + 33,733,618,560.0 = 1.105\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 120,960.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 110,527,839,360.0 - 120,960.0 \times 0.0^2 = 1.105\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 10.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,211.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,211.0 = 5.333\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,332,932.0^2 / \{ (2,211.0 + 2,211.0) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.403\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764E+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 120,960.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.415E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152E+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,200.0 / 2 - -11.4 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,251.4 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,251.4 \times 120,960.0 / 341,460.0 = 443.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,251.4 - 443.3 = 808.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 103,182,809,552.4 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 120,960.0 \times 808.1^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 443.3^2 = 2.269E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 120,960.0 / 341,460.0 = 336.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 336.5 = 613.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 110,527,839,360.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 120,960.0 \times 613.5^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 336.5^2 = 9.103E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

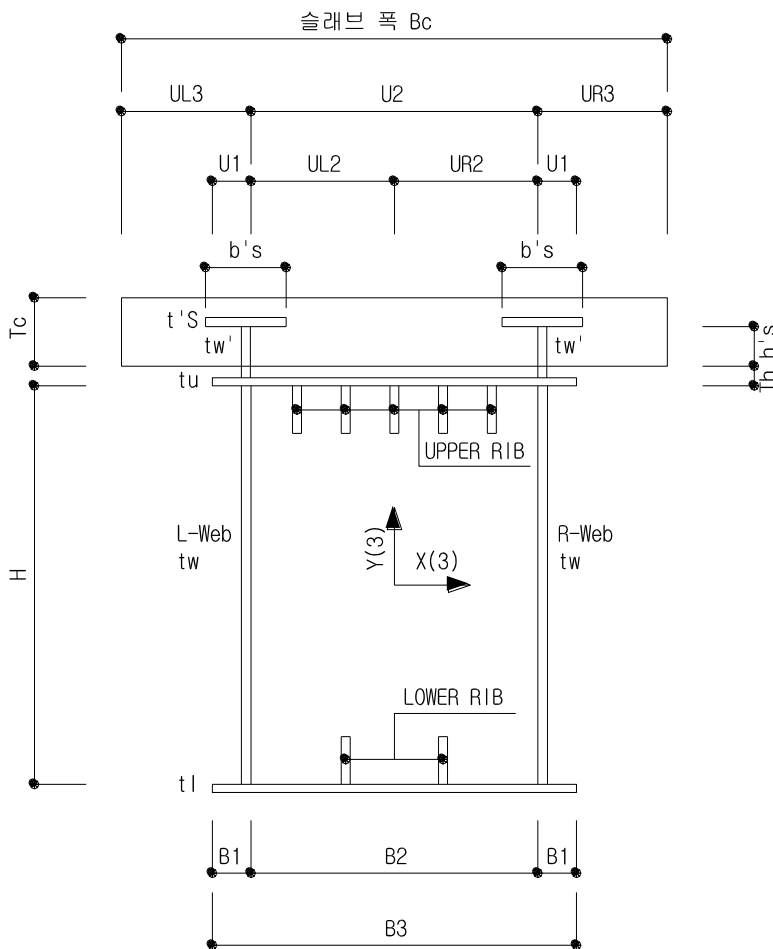
$$tcu = tu + T_c / n = 10.0 + 280.0 / 8.0 = 45.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 45.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,228.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,228.5 = 5.375E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,375,142.0^2 / \{ (2,228.5 + 2,228.5) / 12.0 + 2,412.0 / 45.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.846E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 3 < G1 >



Bc	=	6,300.0	mm
U1	=	120.0	mm
U2	=	2,400.0	mm
UL2	=	1,200.0	mm
UR2	=	1,200.0	mm
U3	=	0.0	mm
UL3	=	1,000.0	mm
UR3	=	2,900.0	mm
B1	=	120.0	mm
B2	=	2,400.0	mm
B3	=	2,640.0	mm
Tc	=	280.0	mm
Th	=	0.0	mm
h's	=	0.0	mm
b's	=	0.0	mm
t's	=	0.0	mm
tw'	=	0.0	mm
H	=	2,200.0	mm
n	=	8.0	
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

X(3) 축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,110.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,110.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,105.0	2.917E+07	3.224E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	1,040.0	7.488E+06	7.788E+09	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,025.0	-1.076E+07	1.103E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-1,106.0	-3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
합 계		128,580.0	-	-9.141E+06	8.981E+10	2.132E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.533E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+04
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-1,206.0	-3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	1,206.0	3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합 계		128,580.0	-	0.000E+00	7.679E+10	3.373E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 89,806,258,980.0 + 21,324,927,660.0 = 1.111\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -9,140,580.0 / 128,580.0 = -71.1 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 111,131,186,640.0 - 128,580.0 \times (-71.1)^2 = 1.105\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 76,794,220,800.0 + 33,733,755,500.0 = 1.105\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 128,580.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 110,527,976,300.0 - 128,580.0 \times 0.0^2 = 1.105\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 10.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,211.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,211.0 = 5.333\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,332,932.0^2 / \{ (2,211.0 + 2,211.0) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.403\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 128,580.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.491\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,200.0 / 2 - -71.1 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,311.1 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,311.1 \times 128,580.0 / 349,080.0 = 482.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,311.1 - 482.9 = 828.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 110,481,395,049.3 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 128,580.0 \times 828.2^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 482.9^2 = 2.515\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 128,580.0 / 349,080.0 = 349.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 349.9 = 600.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 110,527,976,300.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 128,580.0 \times 600.1^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 349.9^2 = 9.131\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

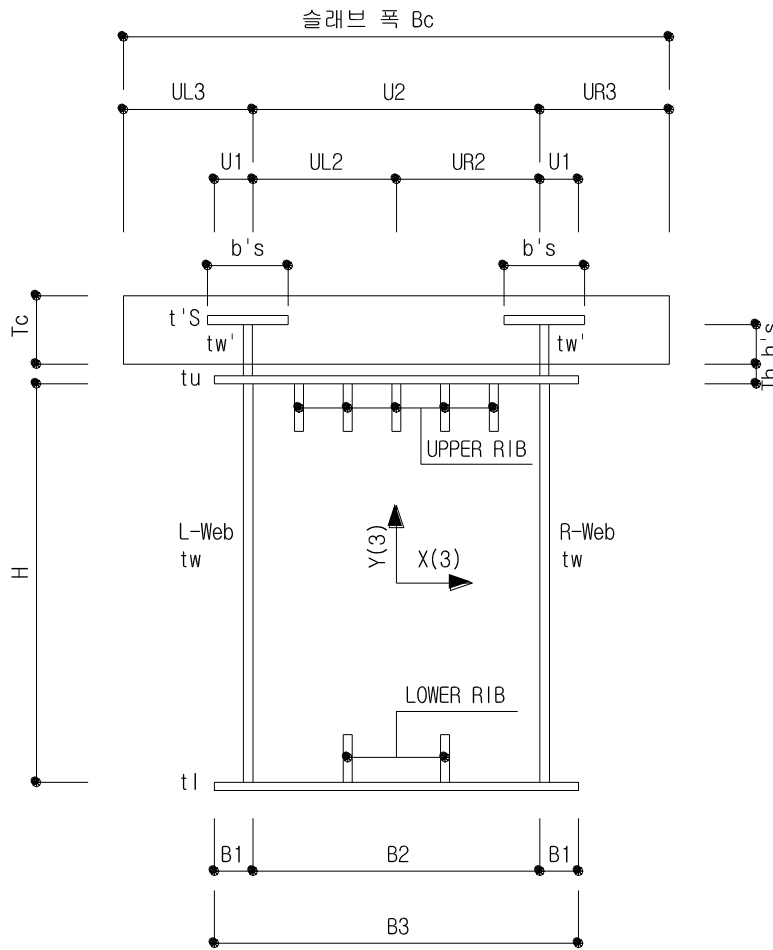
$$tcu = tu + T_c / n = 10.0 + 280.0 / 8.0 = 45.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 45.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,228.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,228.5 = 5.375\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,375,142.0^2 / \{ (2,228.5 + 2,228.5) / 12.0 + 2,412.0 / 45.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.846\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 4 < G1 >



Bc = 6,300.0 mm

U1 = 120.0 mm

U2 = 2,400.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

U3 = 0.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 2,900.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

B3 = 2,640.0 mm

Tc = 280.0 mm

Th = 0.0 mm

h's = 0.0 mm

b's = 0.0 mm

t's = 0.0 mm

tw' = 0.0 mm

H = 2,254.0 mm

n = 8.0

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

X(3)축 방향

구 분	구 격	AS(mm ²)	Y(mm)	AS·Y(mm ³)	AS·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,145.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,145.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	1,136.0	5.398E+07	6.132E+10	1.283E+06
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	1,067.0	3.073E+06	3.279E+09	3.456E+06
L - WEB	1 - 2,254.0 × 12.0	27,048.0	-	-	-	1.145E+10
R - WEB	1 - 2,254.0 × 12.0	27,048.0	-	-	-	1.145E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,052.0	-1.105E+07	1.162E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 20.0	52,800.0	-1,137.0	-6.003E+07	6.826E+10	1.760E+06
합 계		167,796.0	-	-1.402E+07	1.445E+11	2.293E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
L - WEB	1 - 2,254.0 × 12.0	27,048.0	-1,206.0	-3.262E+07	3.934E+10	3.246E+05
R - WEB	1 - 2,254.0 × 12.0	27,048.0	1,206.0	3.262E+07	3.934E+10	3.246E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 20.0	52,800.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	3.067E+10
합 계		167,796.0	-	0.000E+00	7.868E+10	5.827E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 144,481,813,440.0 + 22,929,152,668.0 = 1.674\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -14,023,920.0 / 167,796.0 = -83.6 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 167,410,966,108.0 - 167,796.0 \times (-83.6)^2 = 1.662\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 78,679,169,856.0 + 58,266,711,212.0 = 1.369\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 167,796.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 136,945,881,068.0 - 167,796.0 \times 0.0^2 = 1.369\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,254.0 + 18.0 / 2 + 20.0 / 2 = 2,273.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,273.0 = 5.482\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,482,476.0^2 / \{ (2,273.0 + 2,273.0) / 12.0 + 2,412.0 / 18.0 + 2,412.0 / 20.0 \} = 1.898\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 167,796.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.883\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,254.0 / 2 - -83.6 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,350.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,350.6 \times 167,796.0 / 388,296.0 = 583.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,350.6 - 583.6 = 766.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 166,238,886,128.9 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 167,796.0 \times 766.9^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 583.6^2 = 3.415\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 167,796.0 / 388,296.0 = 410.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 410.5 = 539.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 136,945,881,068.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 167,796.0 \times 539.5^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 410.5^2 = 9.522\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

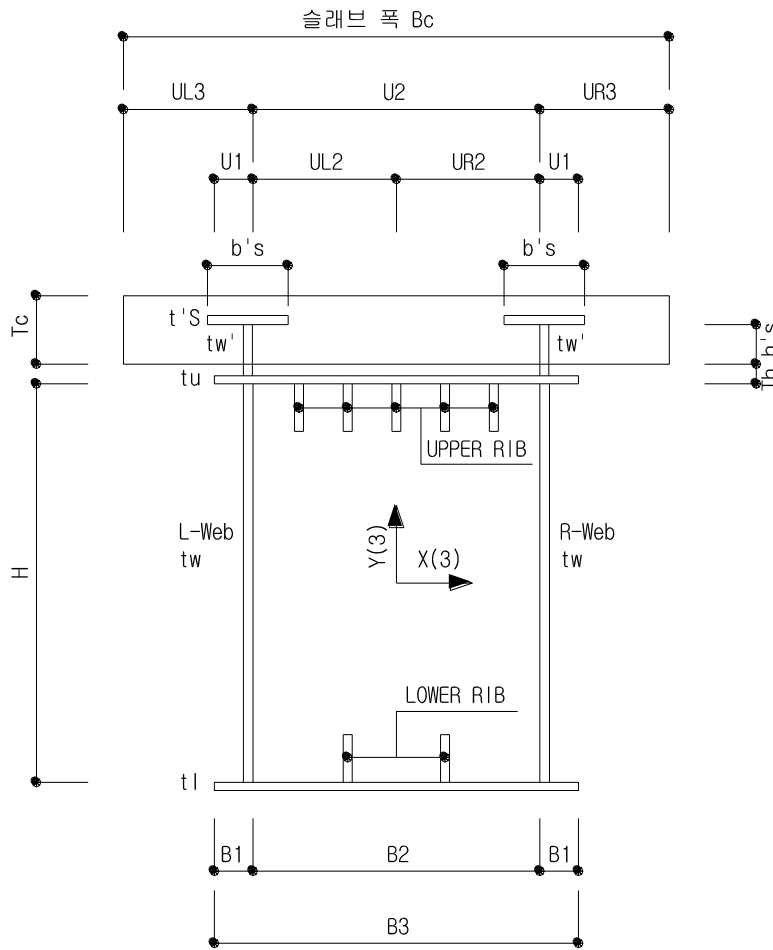
$$tcu = tu + T_c / n = 18.0 + 280.0 / 8.0 = 53.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,254.0 + 53.0 / 2 + 20.0 / 2 = 2,290.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,290.5 = 5.525\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,524,686.0^2 / \{ (2,290.5 + 2,290.5) / 12.0 + 2,412.0 / 53.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 20.0 \} = 2.228\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 5 < G1 >



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 280.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 0.0 \text{ mm}$$

$$b's = 0.0 \text{ mm}$$

$$t's = 0.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 0.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,494.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,265.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,265.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	1,256.0	5.969E+07	7.496E+10	1.283E+06
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	1,187.0	3.419E+06	4.058E+09	3.456E+06
L - WEB	1 - 2,494.0 × 12.0	29,928.0	-	-	-	1.551E+10
R - WEB	1 - 2,494.0 × 12.0	29,928.0	-	-	-	1.551E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,172.0	-1.231E+07	1.442E+10	1.969E+07
LOWER FL	1 - 2,640.0 × 20.0	52,800.0	-1,257.0	-6.637E+07	8.343E+10	1.760E+06
합 계		173,556.0	-	-1.557E+07	1.769E+11	3.105E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
L - WEB	1 - 2,494.0 × 12.0	29,928.0	-1,206.0	-3.609E+07	4.353E+10	3.591E+05
R - WEB	1 - 2,494.0 × 12.0	29,928.0	1,206.0	3.609E+07	4.353E+10	3.591E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 20.0	52,800.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	3.067E+10
합 계		173,556.0	-	0.000E+00	8.706E+10	5.827E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 176,871,560,640.0 + 31,051,726,108.0 = 2.079\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -15,571,920.0 / 173,556.0 = -89.7 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 207,923,286,748.0 - 173,556.0 \times -89.7^2 = 2.065\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 87,056,721,216.0 + 58,266,780,332.0 = 1.453\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 173,556.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 145,323,501,548.0 - 173,556.0 \times 0.0^2 = 1.453\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,494.0 + 18.0 / 2 + 20.0 / 2 = 2,513.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,513.0 = 6.061\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 6,061,356.0^2 / \{ (2,513.0 + 2,513.0) / 12.0 + 2,412.0 / 18.0 + 2,412.0 / 20.0 \} = 2.182\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 173,556.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.941\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,494.0 / 2 - -89.7 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,476.7 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,476.7 \times 173,556.0 / 394,056.0 = 650.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,476.7 - 650.4 = 826.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 206,526,131,406.3 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 173,556.0 \times 826.3^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 650.4^2 = 4.197\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 173,556.0 / 394,056.0 = 418.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 418.4 = 531.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 145,323,501,548.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 173,556.0 \times 531.6^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 418.4^2 = 9.623\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

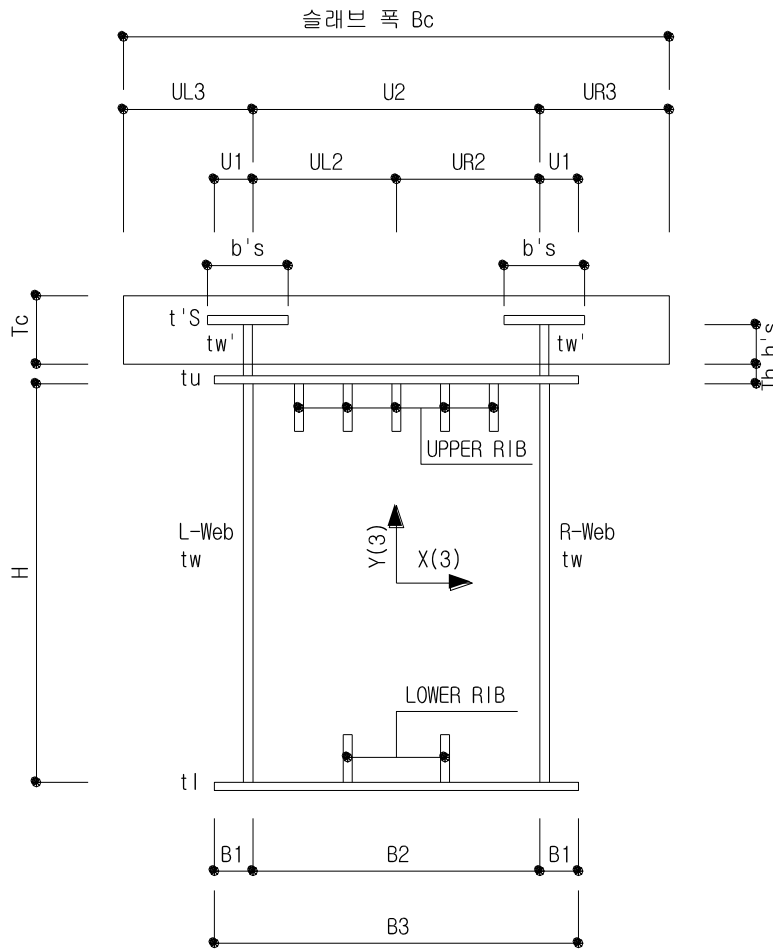
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$tcu = tu + T_c / n = 18.0 + 280.0 / 8.0 = 53.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,494.0 + 53.0 / 2 + 20.0 / 2 = 2,530.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,530.5 = 6.104\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 6,103,566.0^2 / \{ (2,530.5 + 2,530.5) / 12.0 + 2,412.0 / 53.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 20.0 \} = 2.535\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 280.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 138.0 \text{ mm}$$

$$b's = 400.0 \text{ mm}$$

$$t's = 34.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 12.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	AS(mm ²)	Y(mm)	AS·Y(mm ³)	AS·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
Bieup FL	2 - 400.0 × 34.0	27,200.0	1,573.0	4.279E+07	6.730E+10	2.620E+06
Bieup WEB	2 - 138.0 × 12.0	3,312.0	1,487.0	4.925E+06	7.323E+09	5.256E+06
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	1,409.0	6.696E+07	9.434E+10	1.283E+06
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	1,340.0	3.859E+06	5.171E+09	3.456E+06
L - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	2.561E+10
R - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	2.561E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,325.0	-1.391E+07	1.843E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 28.0	73,920.0	-1,414.0	-1.045E+08	1.478E+11	4.829E+06
합 계		243,732.0	-	9.004E+04	3.404E+11	5.126E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 400.0 × 34.0	27,200.0	1,156.0	3.144E+07	3.635E+10	3.627E+08
Bieup WEB	2 - 138.0 × 12.0	3,312.0	1,206.0	3.994E+06	4.817E+09	3.974E+04
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
L - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-1,207.0	-4.731E+07	5.711E+10	6.403E+05
R - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	1,207.0	4.731E+07	5.711E+10	6.403E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 28.0	73,920.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	4.293E+10
합 계		243,732.0	-	3.544E+07	1.554E+11	7.090E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 340,366,436,468.0 + 51,258,465,724.0 = 3.916\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = 90,044.0 / 243,732.0 = 0.4 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 391,624,902,192.0 - 243,732.0 \times 0.4^2 = 3.916\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 155,382,392,832.0 + 70,896,545,004.0 = 2.263\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 35,437,472.0 / 243,732.0 = 145.4 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 226,278,937,836.0 - 243,732.0 \times 145.4^2 = 2.211\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,800.0 + 18.0 / 2 + 28.0 / 2 = 2,823.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,823.0 = 6.815\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 6,814,722.0^2 / \{ (2,823.0 + 2,823.0) / 14.0 + 2,414.0 / 18.0 + 2,414.0 / 28.0 \} = 2.979\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 243,732.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 4.642\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,800.0 / 2 - 0.4 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,539.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,539.6 \times 243,732.0 / 464,232.0 = 808.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,539.6 - 808.3 = 731.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 391,624,868,926.3 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 243,732.0 \times 731.3^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 808.3^2 = 6.675\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 145.4 - 6,300.0 / 2 = 804.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 804.6 \times 243,732.0 / 464,232.0 = 422.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 804.6 - 422.4 = 382.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 221,126,498,182.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 243,732.0 \times 382.2^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 422.4^2 = 1.025\text{E}+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

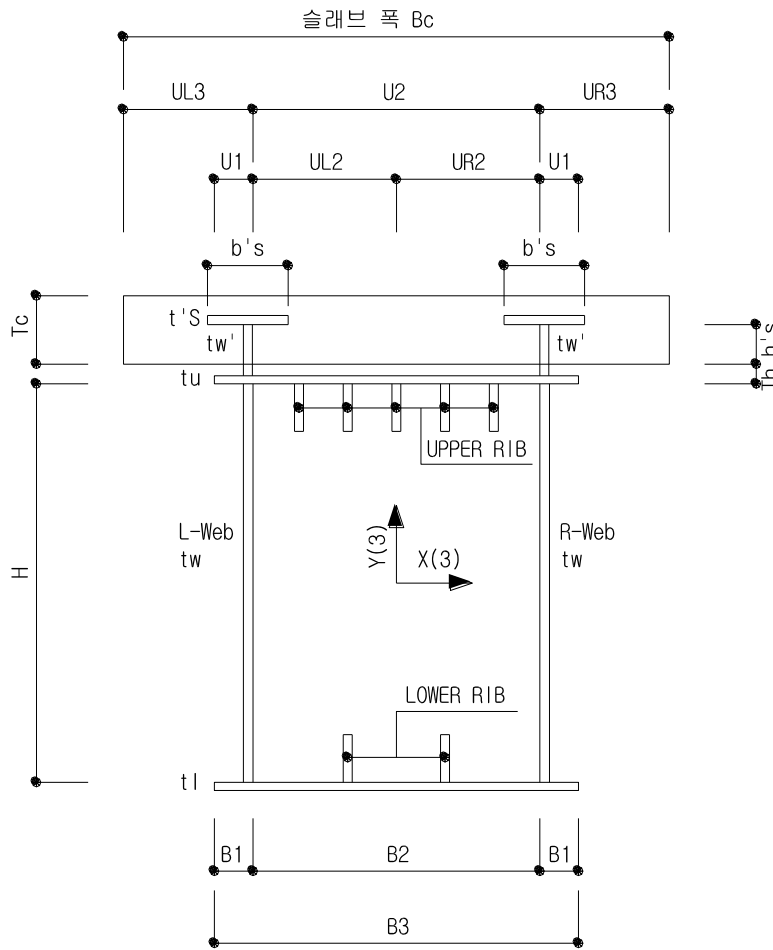
$$tcu = tu + T_c / n = 18.0 + 280.0 / 8.0 = 53.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,800.0 + 53.0 / 2 + 28.0 / 2 = 2,840.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,840.5 = 6.857\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 6,856,967.0^2 / \{ (2,840.5 + 2,840.5) / 14.0 + 2,414.0 / 53.0 \\ &\quad + 2,414.0 / 28.0 \} = 3.499\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 7 < G1 >



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 280.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 0.0 \text{ mm}$$

$$b's = 0.0 \text{ mm}$$

$$t's = 0.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 0.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,200.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,106.0	3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	1,040.0	2.995E+06	3.115E+09	3.456E+06
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,025.0	-1.076E+07	1.103E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-1,106.0	-3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
합 계		129,540.0	-	-7.767E+06	9.165E+10	2.132E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-1,206.0	-3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	1,206.0	3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합 계		129,540.0	-	0.000E+00	7.679E+10	3.680E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 91,650,803,460.0 + 21,319,903,820.0 = 1.130E+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -7,767,300.0 / 129,540.0 = -60.0 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 112,970,707,280.0 - 129,540.0 \times -60.0^2 = 1.125E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 76,794,220,800.0 + 36,800,327,660.0 = 1.136E+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 129,540.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 113,594,548,460.0 - 129,540.0 \times 0.0^2 = 1.136E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,212.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,212.0 = 5.335E+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,335,344.0^2 / \{ (2,212.0 + 2,212.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.477E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 129,540.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.500\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,200.0 / 2 - -60.0 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,300.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,300.0 \times 129,540.0 / 350,040.0 = 481.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,300.0 - 481.1 = 818.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{x33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 112,504,975,079.2 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 129,540.0 \times 818.9^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 481.1^2 = 2.518\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 129,540.0 / 350,040.0 = 351.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 351.6 = 598.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{y22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 113,594,548,460.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 129,540.0 \times 598.4^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 351.6^2 = 9.165\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

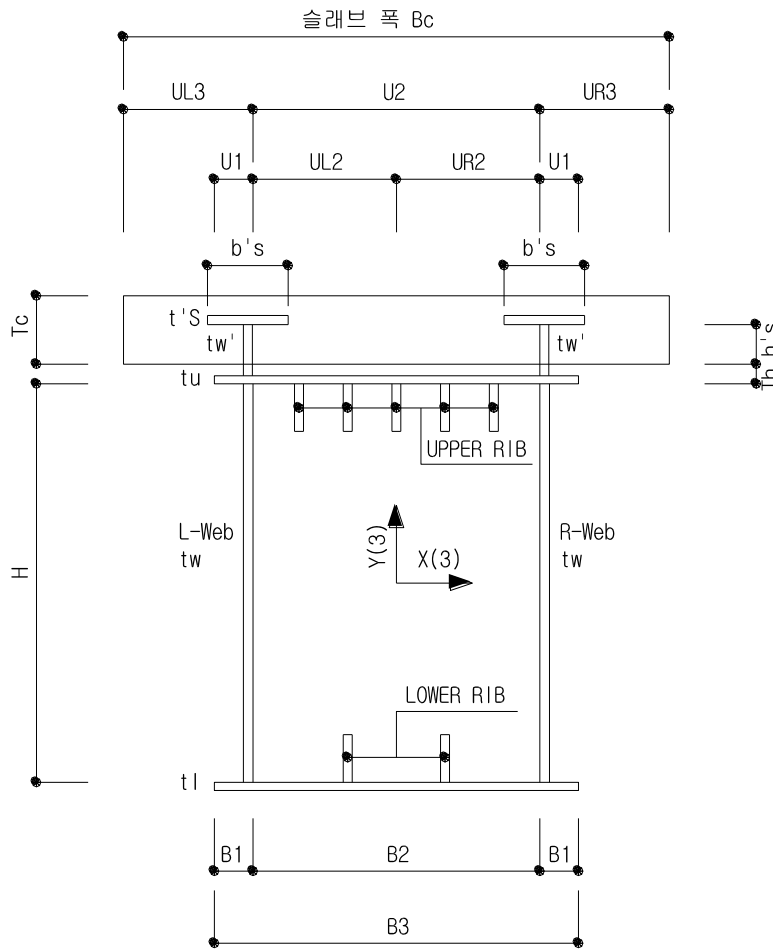
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 280.0 / 8.0 = 47.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 47.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,229.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,229.5 = 5.378\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,377,554.0^2 / \{ (2,229.5 + 2,229.5) / 12.0 + 2,412.0 / 47.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.854\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 8 < G1 >



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 280.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 0.0 \text{ mm}$$

$$b's = 0.0 \text{ mm}$$

$$t's = 0.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 0.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,200.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	AS(mm ²)	Y(mm)	AS·Y(mm ³)	AS·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,106.0	3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	1,040.0	7.488E+06	7.788E+09	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-1,040.0	-2.995E+06	3.115E+09	3.456E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-1,106.0	-3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
합 계		126,240.0	-	4.493E+06	8.841E+10	2.131E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+04
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-1,206.0	-3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	1,206.0	3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합 계		126,240.0	-	0.000E+00	7.679E+10	3.680E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 88,406,760,960.0 + 21,308,856,320.0 = 1.097\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = 4,492,800.0 / 126,240.0 = 35.6 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 109,715,617,280.0 - 126,240.0 \times 35.6^2 = 1.096\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 76,794,220,800.0 + 36,800,242,560.0 = 1.136\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 126,240.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 113,594,463,360.0 - 126,240.0 \times 0.0^2 = 1.136\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,212.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,212.0 = 5.335\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,335,344.0^2 / \{ (2,212.0 + 2,212.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.477\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 126,240.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.467\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,200.0 / 2 - 35.6 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,204.4 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,204.4 \times 126,240.0 / 346,740.0 = 438.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,204.4 - 438.5 = 765.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{x33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 109,555,721,432.1 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 126,240.0 \times 765.9^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 438.5^2 = 2.274\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 126,240.0 / 346,740.0 = 345.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 345.9 = 604.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{y22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 113,594,463,360.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 126,240.0 \times 604.1^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 345.9^2 = 9.153\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

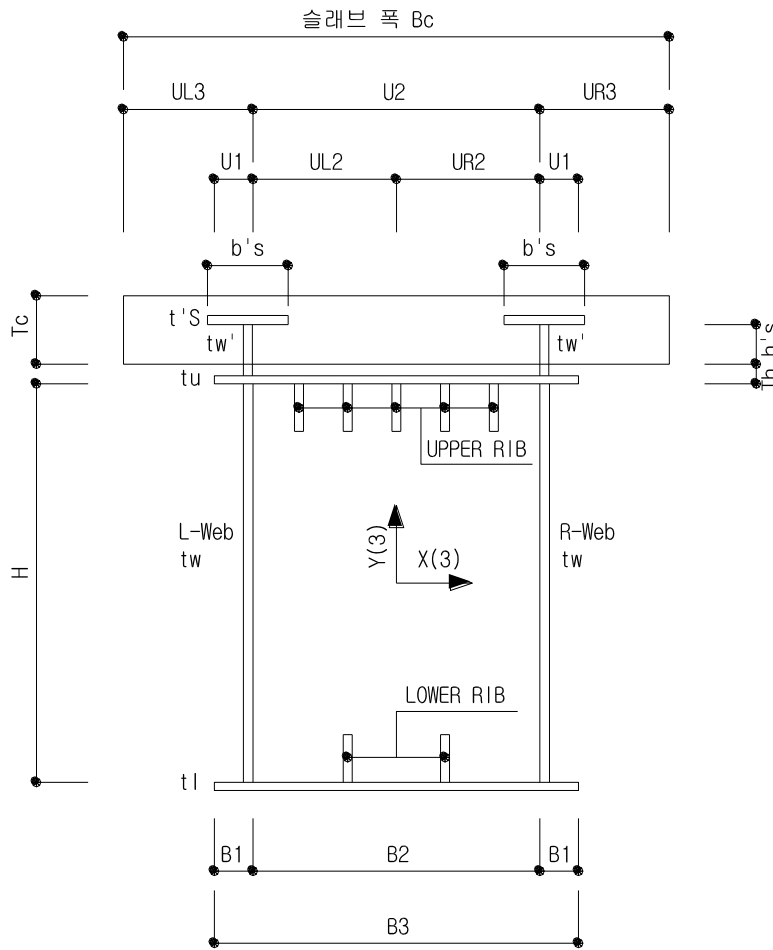
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 280.0 / 8.0 = 47.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 47.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,229.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,229.5 = 5.378\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,377,554.0^2 / \{ (2,229.5 + 2,229.5) / 12.0 + 2,412.0 / 47.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.854\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 280.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 0.0 \text{ mm}$$

$$b's = 0.0 \text{ mm}$$

$$t's = 0.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 0.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,200.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,106.0	3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	1,040.0	7.488E+06	7.788E+09	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-1,040.0	-2.995E+06	3.115E+09	3.456E+06
LOWER FL	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,108.0	-4.680E+07	5.186E+10	9.011E+05
합 계		136,800.0	-	-7.271E+06	1.015E+11	2.131E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+04
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-1,206.0	-3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	1,206.0	3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합 계		136,800.0	-	0.000E+00	7.679E+10	4.293E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 101,511,171,840.0 + 21,309,377,280.0 = 1.228\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -7,271,040.0 / 136,800.0 = -53.2 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 122,820,549,120.0 - 136,800.0 \times -53.2^2 = 1.224\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 76,794,220,800.0 + 42,933,490,560.0 = 1.197\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 136,800.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 119,727,711,360.0 - 136,800.0 \times 0.0^2 = 1.197\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 12.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,214.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,214.0 = 5.340\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,340,168.0^2 / \{ (2,214.0 + 2,214.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.583\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 136,800.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.573\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,200.0 / 2 - -53.2 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,293.2 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,293.2 \times 136,800.0 / 357,300.0 = 495.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,293.2 - 495.1 = 798.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{x33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 122,434,086,965.9 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 136,800.0 \times 798.0^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 495.1^2 = 2.651\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 136,800.0 / 357,300.0 = 363.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 363.7 = 586.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{y22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 119,727,711,360.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 136,800.0 \times 586.3^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 363.7^2 = 9.252\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

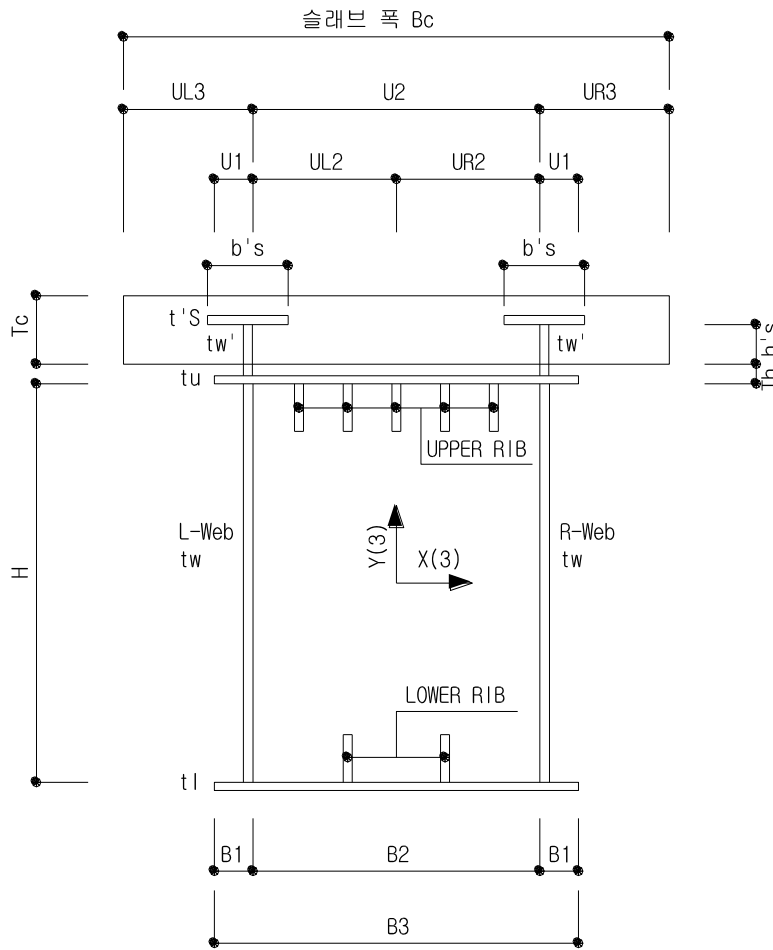
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 280.0 / 8.0 = 47.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 47.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,231.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,231.5 = 5.382\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,382,378.0^2 / \{ (2,231.5 + 2,231.5) / 12.0 + 2,412.0 / 47.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 16.0 \} = 2.019\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$Bc = 6,300.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,900.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 280.0 \text{ mm}$$

$$Th = 0.0 \text{ mm}$$

$$h's = 0.0 \text{ mm}$$

$$b's = 0.0 \text{ mm}$$

$$t's = 0.0 \text{ mm}$$

$$tw' = 0.0 \text{ mm}$$

$$H = 2,200.0 \text{ mm}$$

$$n = 8.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,112.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,106.0	3.504E+07	3.875E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	1,040.0	7.488E+06	7.788E+09	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-1,040.0	-2.995E+06	3.115E+09	3.456E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,108.0	-4.680E+07	5.186E+10	9.011E+05
합 계		136,800.0	-	-7.271E+06	1.015E+11	2.131E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
Bieup FL	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bieup WEB	2 - 0.0 × 0.0	0.0	1,200.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+04
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-1,206.0	-3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	1,206.0	3.184E+07	3.840E+10	3.168E+05
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합 계		136,800.0	-	0.000E+00	7.679E+10	4.293E+10

① 합성전 단면

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 101,511,171,840.0 + 21,309,377,280.0 = 1.228\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -7,271,040.0 / 136,800.0 = -53.2 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 122,820,549,120.0 - 136,800.0 \times -53.2^2 = 1.224\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 76,794,220,800.0 + 42,933,490,560.0 = 1.197\text{E}+11 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 136,800.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 119,727,711,360.0 - 136,800.0 \times 0.0^2 = 1.197\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned}
 Bu &= U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 Bl &= B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + tu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 12.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,214.0 \text{ mm} \\
 F &= (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,214.0 = 5.340\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \} \\
 &= 4 \times 5,340,168.0^2 / \{ (2,214.0 + 2,214.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.583\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,300.0 \times 280.0 = 1.764\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 136,800.0 + 1,764,000.0 / 8.0 = 3.573\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,300.0 \times 280.0^3 / 12 = 1.152\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,200.0 / 2 - -53.2 + 0.0 + 280.0 / 2 = 1,293.2 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,293.2 \times 136,800.0 / 357,300.0 = 495.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,293.2 - 495.1 = 798.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{x33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 122,434,086,965.9 + 11,524,800,000.0 / 8.0 + 136,800.0 \times 798.0^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 495.1^2 = 2.651\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 280.0 \times 6,300.0^3 / 12 = 5.834\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 2,900.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 950.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 950.0 \times 136,800.0 / 357,300.0 = 363.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 950.0 - 363.7 = 586.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{y22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 119,727,711,360.0 + 5,834,430,000,000.0 / 8.0 + 136,800.0 \times 586.3^2 \\ &\quad + 1,764,000.0 / 8.0 \times 363.7^2 = 9.252\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

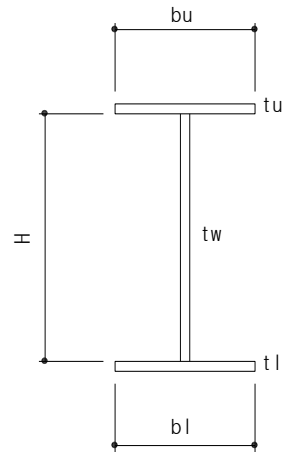
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 280.0 / 8.0 = 47.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,200.0 + 47.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,231.5 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,231.5 = 5.382\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,382,378.0^2 / \{ (2,231.5 + 2,231.5) / 12.0 + 2,412.0 / 47.0 \\ &\quad + 2,412.0 / 16.0 \} = 2.019\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,400.0	mm
tu	=	14.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	14.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	707.0	2.969E+06	2.099E+09	6.860E+04
WEB	1 - 1,400.0 × 12.0	16,800.0	-	-	-	2.744E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-707.0	-2.969E+06	2.099E+09	6.860E+04
합 계		25,200.0	-	0.000E+00	4.199E+09	2.744E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-	-	-	3.150E+07
WEB	1 - 1,400.0 × 12.0	16,800.0	-	-	-	2.016E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-	-	-	3.150E+07
합 계		25,200.0	-	-	-	6.320E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 4,198,731,600.0 + 2,744,137,200.0 = 6.943\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 63,201,600.0 = 6.320\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

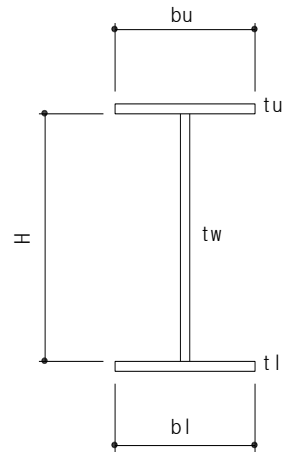
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 14.0^3 + 1,400.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 14.0^3) / 3 = 1.355\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 2 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,300.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	656.0	2.362E+06	1.549E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,300.0 × 12.0	15,600.0	-	-	-	2.197E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-656.0	-2.362E+06	1.549E+09	4.320E+04
합 계		22,800.0	-	0.000E+00	3.098E+09	2.197E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,300.0 × 12.0	15,600.0	-	-	-	1.872E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		22,800.0	-	-	-	5.419E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 3,098,419,200.0 + 2,197,086,400.0 = 5.296\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,187,200.0 = 5.419\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

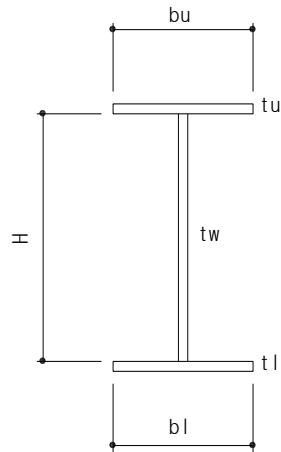
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,300.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.094\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 3 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,400.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	706.0	2.542E+06	1.794E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,400.0 × 12.0	16,800.0	-	-	-	2.744E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-706.0	-2.542E+06	1.794E+09	4.320E+04
합 계		24,000.0	-	0.000E+00	3.589E+09	2.744E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,400.0 × 12.0	16,800.0	-	-	-	2.016E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		24,000.0	-	-	-	5.420E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 3,588,739,200.0 + 2,744,086,400.0 = 6.333\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,201,600.0 = 5.420\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

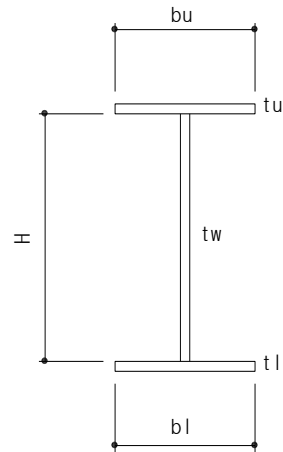
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,400.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.152\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 4 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,500.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	756.0	2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	3.375E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-756.0	-2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
합 계		25,200.0	-	0.000E+00	4.115E+09	3.375E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	2.160E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		25,200.0	-	-	-	5.422E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 4,115,059,200.0 + 3,375,086,400.0 = 7.490E+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,216,000.0 = 5.422E+07 \text{ mm}^4$$

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

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

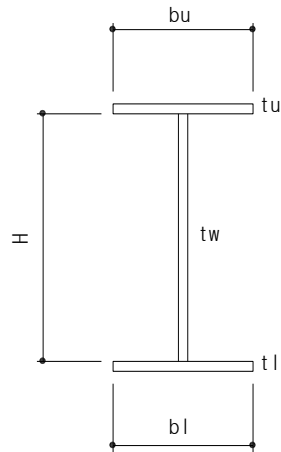
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,500.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.210E+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 5 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,800.0	mm
tu	=	14.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	14.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	907.0	3.809E+06	3.455E+09	6.860E+04
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-907.0	-3.809E+06	3.455E+09	6.860E+04
합 계		30,000.0	-	0.000E+00	6.910E+09	5.832E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-	-	-	3.150E+07
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	2.592E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-	-	-	3.150E+07
합 계		30,000.0	-	-	-	6.326E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 6,910,251,600.0 + 5,832,137,200.0 = 1.274\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 63,259,200.0 = 6.326\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

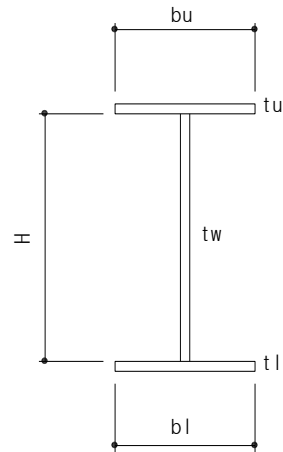
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 14.0^3 + 1,800.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 14.0^3) / 3 = 1.586\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 세로보 단면 < 1 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	900.0	mm
tu =	10.0	mm
tw =	10.0	mm
tl =	10.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 10.0	3,000.0	455.0	1.365E+06	6.211E+08	2.500E+04
WEB	1 - 900.0 × 10.0	9,000.0	-	-	-	6.075E+08
LOWER FL.	1 - 300.0 × 10.0	3,000.0	-455.0	-1.365E+06	6.211E+08	2.500E+04
합 계		15,000.0	-	0.000E+00	1.242E+09	6.076E+08

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 10.0	3,000.0	-	-	-	2.250E+07
WEB	1 - 900.0 × 10.0	9,000.0	-	-	-	7.500E+04
LOWER FL.	1 - 300.0 × 10.0	3,000.0	-	-	-	2.250E+07
합 계		15,000.0	-	-	-	4.508E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 1,242,150,000.0 + 607,550,000.0 = 1.850\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 45,075,000.0 = 4.508\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

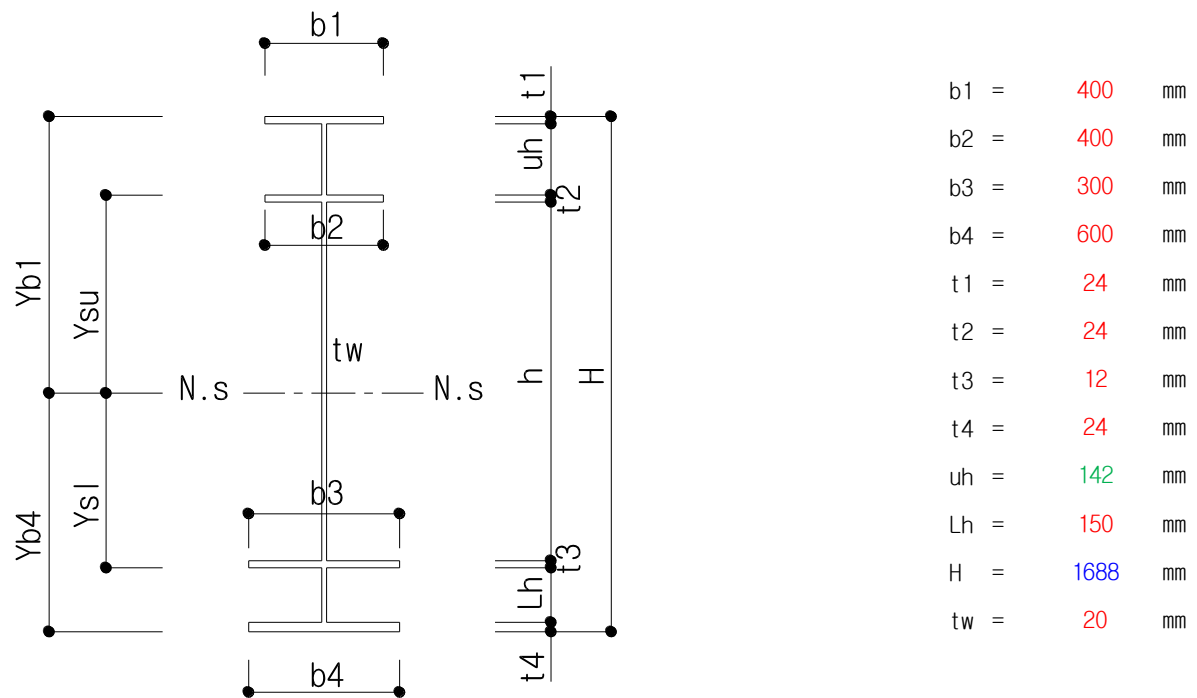
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 10.0^3 + 900.0 \times 10.0^3 + 300.0 \times 10.0^3) / 3 = 5.000\text{E}+05 \text{ mm}^4$$

○ 세로보 : 지점부(측경간) - IP 2



부재구분	규	격	As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	; 400 X 24	9600	1022	9811200	10027046400	460800
T WEB	1	; 142 X 20	2840	939	2666760	2504087640	4772146.667
UPPER FL.	1	; 400 X 24	9600	856	8217600	7034265600	460800
WEB	1	; 1688 X 20	33760	0	0	0	8016154453
Lower FL.	1	; 300 X 12	3600	-850	-3060000	2601000000	43200
⊥ WEB	1	; 150 X 20	3000	-931	-2793000	2600283000	5625000
⊥ FL.	1	; 600 X 24	14400	-1018	-14659200	14923065600	691200
TOTAL			76800		183360	39689748240	8028207600

① 합성전 단면(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

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

$$= 39689748240 + 8028207600 = 47717955840 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum A_s y / \sum A_s$$

$$= 183360 / 76800 = 2.388 \text{ mm}^4$$

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

$$= 47717955840 - 76800 \times 2.388^2 = 47717518068 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_1^3 \times t_1 / 12) + (b_2^3 \times t_2 / 12) + (b_3^3 \times t_3 / 12) + (b_4^3 \times t_4 / 12) + [(H+uh+Lh) \times tw^3 / 12]$$

$$= (400^3 \times 24 / 12) + (400^3 \times 24 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (600^3 \times 24 / 12) + [(1688 + 142 + 150)^3 \times 20 / 12]$$

$$= 716320000 \text{ mm}^4$$

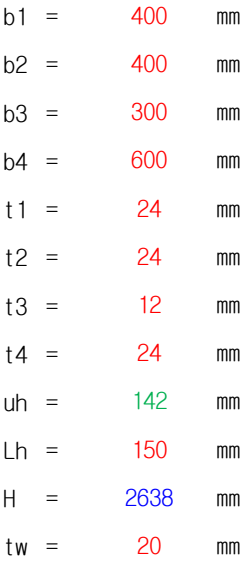
$$K = I_{11}$$

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

$$= (400 \times 24^3 / 3) + (400 \times 24^3 / 3) + (300 \times 12^3 / 3) + (600 \times 24^3 / 3) + (1688 + 142 + 150) \times 20^3 / 3$$

$$= 11904000 \text{ mm}^4$$

○ 세로보 : 지점부(측경간) - IP 2



부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	;	400	X 24	9600	1497	14371200	21513686400	460800
T WEB	1	;	142	X 20	2840	1414	4015760	5678284640	4772146.667
UPPER FL.	1	;	400	X 24	9600	1331	12777600	17006985600	460800
WEB	1	;	2638	X 20	52760	0	0	0	30596596787
Lower FL.	1	;	300	X 12	3600	-1325	-4770000	6320250000	43200
└ WEB	1	;	150	X 20	3000	-1406	-4218000	5930508000	5625000
└ FL.	1	;	600	X 24	14400	-1493	-21499200	32098305600	691200
TOTAL					95800		677360	88548020240	30608649933

① 합성전 단면(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

$$|s'| = \sum A s Y^2 + \sum |o| = 88548020240 + 30608649933 = 119156670173 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{677360}{95800} = 7.071 \text{ mm}^4$$

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

$$= 119156670173 - 95800 \times 7.071^2 = 119151880856 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_1^3 \times t_1 / 12) + (b_2^3 \times t_2 / 12) + (b_3^3 \times t_3 / 12) + (b_4^3 \times t_4 / 12) + [(H+u_h+L_h) \times t_w^3 / 12]$$

$$= (400^3 \times 24 / 12) + (400^3 \times 24 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (600^3 \times 24 / 12) + [(2638+142+150)^3 \times 20 / 12]$$

$$= 716953333 \text{ mm}^4$$

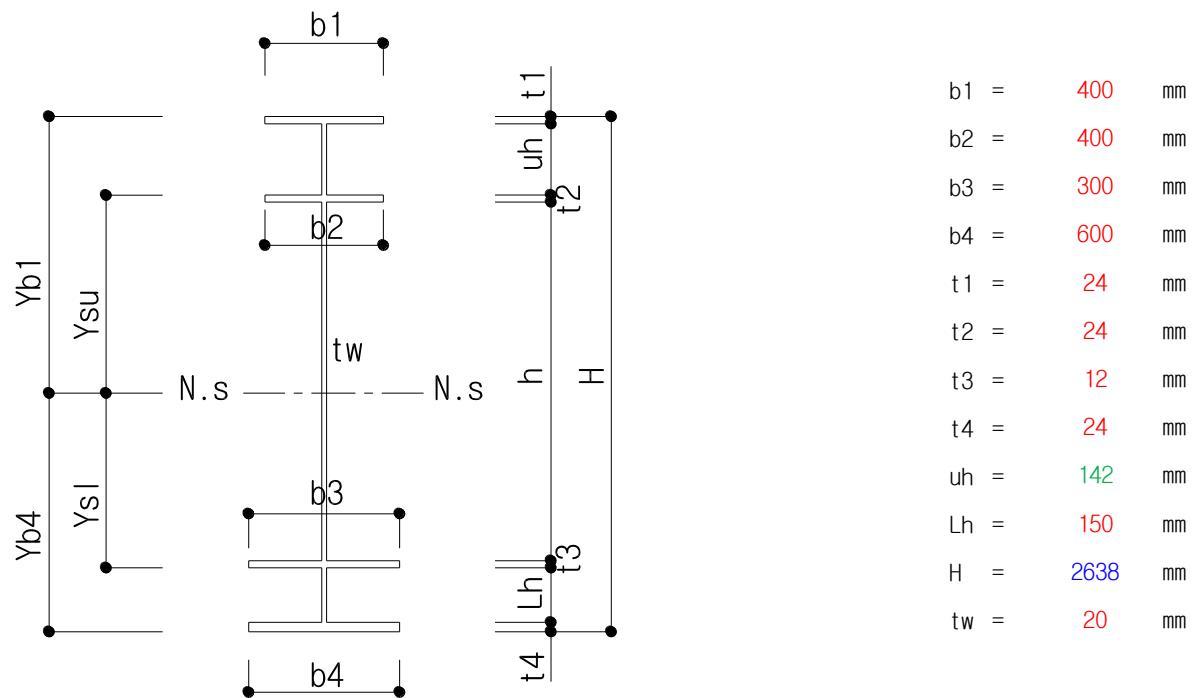
$$K = I_{11}$$

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

$$= (400 \times 24^3 / 3) + (400 \times 24^3 / 3) + (300 \times 12^3 / 3) + (600 \times 24^3 / 3) + (2638 + 142 + 150) \times 20^3 / 3$$

$$= 14437333 \text{ mm}^4$$

○ 세로보 : 지점부(측경간) - IP 2



부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	;	400	X 24	9600	1497	14371200	21513686400	460800
T WEB	1	;	142	X 20	2840	1414	4015760	5678284640	4772146.667
UPPER FL.	1	;	400	X 24	9600	1331	12777600	17006985600	460800
WEB	1	;	2638	X 20	52760	0	0	0	30596596787
Lower FL.	1	;	300	X 12	3600	-1325	-4770000	6320250000	43200
⊥ WEB	1	;	150	X 20	3000	-1406	-4218000	5930508000	5625000
⊥ FL.	1	;	600	X 24	14400	-1493	-21499200	32098305600	691200
TOTAL					95800		677360	88548020240	30608649933

① 합성전 단면(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

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

$$= 88548020240 + 30608649933 = 119156670173 \text{ mm}^4$$

$$\delta_s = \sum A_s y / \sum A_s$$

$$= 677360 / 95800 = 7.071 \text{ mm}^4$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum A_s \times \delta_s^2$$

$$= 119156670173 - 95800 \times 7.071^2 = 119151880856 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_1^3 \times t_1 / 12) + (b_2^3 \times t_2 / 12) + (b_3^3 \times t_3 / 12) + (b_4^3 \times t_4 / 12) + [(H+uh+Lh) \times t_w^3 / 12]$$

$$= (400^3 \times 24 / 12) + (400^3 \times 24 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (600^3 \times 24 / 12) + [(2638 + 142 + 150)^3 \times 20 / 12]$$

$$= 716953333 \text{ mm}^4$$

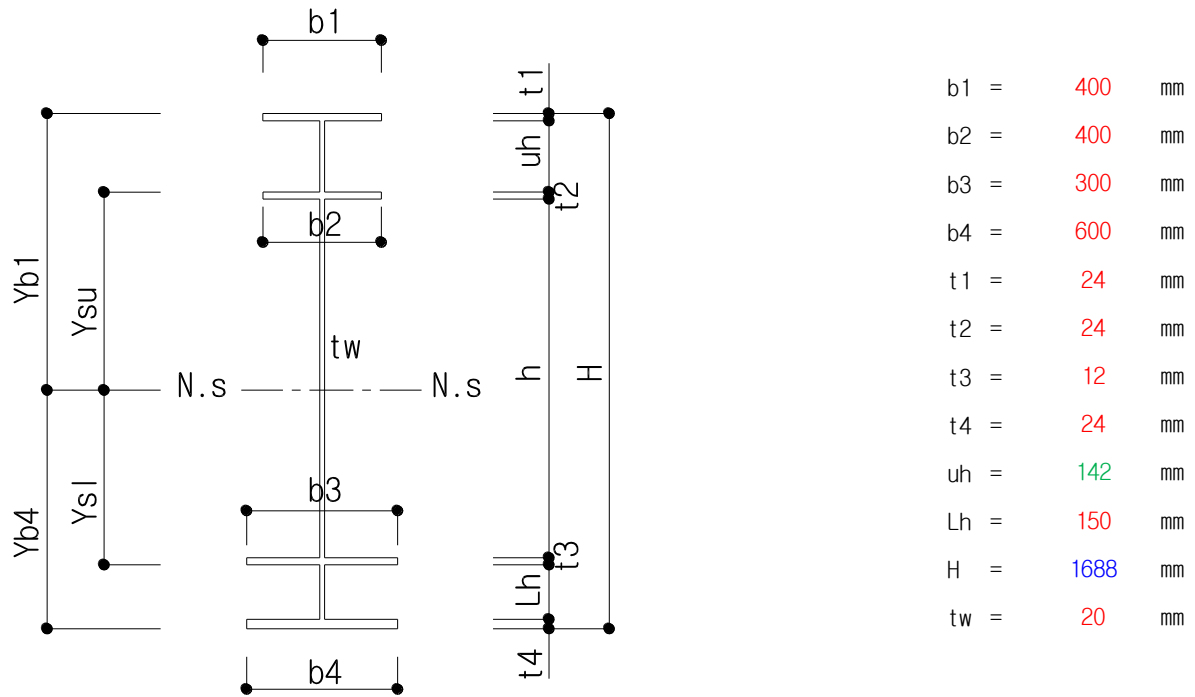
$$K = I_{11}$$

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

$$= (400 \times 24^3 / 3) + (400 \times 24^3 / 3) + (300 \times 12^3 / 3) + (600 \times 24^3 / 3) + (2638 + 142 + 150) \times 20^3 / 3$$

$$= 14437333 \text{ mm}^4$$

○ 세로보 : 지점부(측경간) - IP 2



부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	:	400	X 24	9600	1022	9811200	10027046400	460800
T WEB	1	:	142	X 20	2840	939	2666760	2504087640	4772146.667
UPPER FL.	1	:	400	X 24	9600	856	8217600	7034265600	460800
WEB	1	:	1688	X 20	33760	0	0	0	8016154453
Lower FL.	1	:	300	X 12	3600	-850	-3060000	2601000000	43200
└ WEB	1	:	150	X 20	3000	-931	-2793000	2600283000	5625000
└ FL.	1	:	600	X 24	14400	-1018	-14659200	14923065600	691200
TOTAL					76800		183360	39689748240	8028207600

① 합성전 단면(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

$$I_s' = \sum A s Y^2 + \sum I_o = 39689748240 + 8028207600 = 47717955840 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{183360}{76800} = 2.388 \text{ mm}^4$$

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

$$= 47717955840 - 76800 \times 2.388^2 = 47717518068 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{22} &= (b_1^3 \times t_1 / 12) + (b_2^3 \times t_2 / 12) + (b_3^3 \times t_3 / 12) + (b_4^3 \times t_4 / 12) + [(H+u_h+L_h) \times t_w^3 / 12] \\
 &= (400^3 \times 24 / 12) + (400^3 \times 24 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (600^3 \times 24 / 12) + \\
 &\quad + [(1688+142+150)^3 \times 20 / 12] = \underline{716320000} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

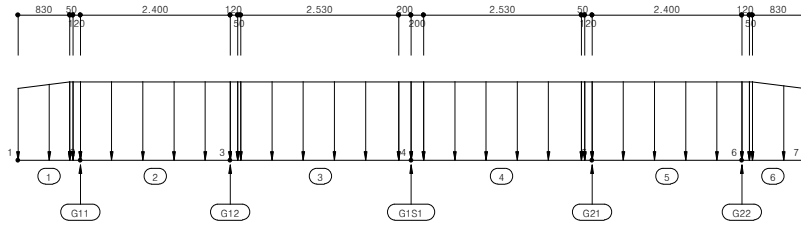
$$K = I_{11} = \sum (b \times t^3) / 3 = (400 \times 24^3 / 3) + (400 \times 24^3 / 3) + (300 \times 12^3 / 3) + (600 \times 24^3 / 3) + (1688 + 142 + 150) \times 20^3 / 3 = 11904000 \text{ mm}^4$$

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

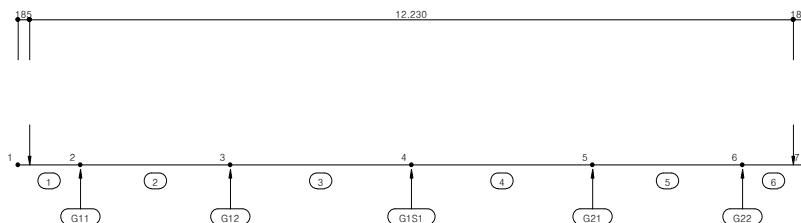
(1) 슬래브자중(STA. 0K+420.700)



하중명	재 하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m ²)	위치 (m)	하중(kN/m ²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.830	-12.000	분포하중
W2	1	0.830	-12.000	0.880	-12.000	분포하중
W3	1	0.880	-12.000	1.000	-12.000	분포하중
W4	2	0.000	-12.000	2.400	-12.000	분포하중
W5	3	0.000	-12.000	0.120	-12.000	분포하중
W6	3	0.120	-12.000	0.170	-12.000	분포하중
W7	3	0.170	-12.000	2.700	-12.000	분포하중
W8	3	2.700	-12.000	2.900	-12.000	분포하중
W9	4	0.000	-12.000	0.200	-12.000	분포하중
W10	4	0.200	-12.000	2.730	-12.000	분포하중
W11	4	2.730	-12.000	2.780	-12.000	분포하중
W12	4	2.780	-12.000	2.900	-12.000	분포하중
W13	5	0.000	-12.000	2.400	-12.000	분포하중
W14	6	0.000	-12.000	0.120	-12.000	분포하중
W15	6	0.120	-12.000	0.170	-12.000	분포하중
W16	6	0.170	-12.000	1.000	-11.000	분포하중

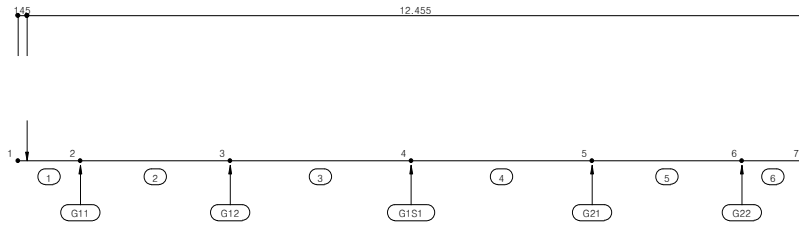
2) 합성후 고정하중

(1) 방호벽(STA. 0K+420.700)



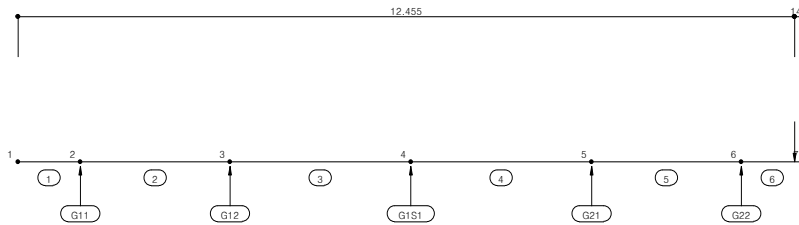
하중명	재 하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m ²)	위치 (m)	하중(kN/m ²)	
P1	1	0.185	-9.839	-	-	집중하중
P2	6	0.815	-9.839	-	-	집중하중

(2) 부가하중(투석방지망1)(STA. 0K+420.700)



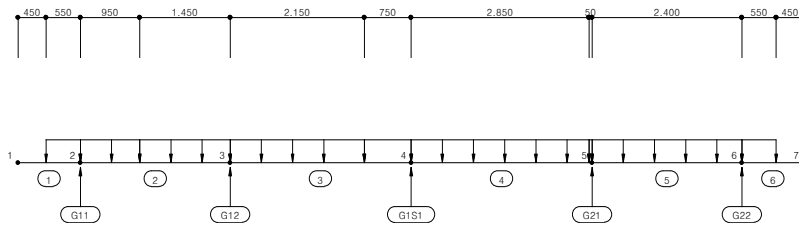
하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중 (kN/m ²)	위치 (m)	하중 (kN/m ²)	
P1	1	0.145	-1.000	-	-	집중하중

(3) 부가하중(투석방지망2)(STA. 0K+420.700)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중 (kN/m ²)	위치 (m)	하중 (kN/m ²)	
P1	6	0.855	-1.000	-	-	집중하중

(4) 콘크리트 교면포장(STA. 0K+420.700)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중 (kN/m ²)	위치 (m)	하중 (kN/m ²)	
W1	1	0.450	-1.175	1.000	-1.175	분포하중
W2	2	0.000	-1.175	0.950	-1.175	분포하중
W3	2	0.950	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W4	3	0.000	-1.175	2.150	-1.175	분포하중
W5	3	2.150	-1.175	2.900	-1.175	분포하중
W6	4	0.000	-1.175	2.850	-1.175	분포하중
W7	4	2.850	-1.175	2.900	-1.175	분포하중
W8	5	0.000	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W9	6	0.000	-1.175	0.550	-1.175	분포하중

3) 활하중

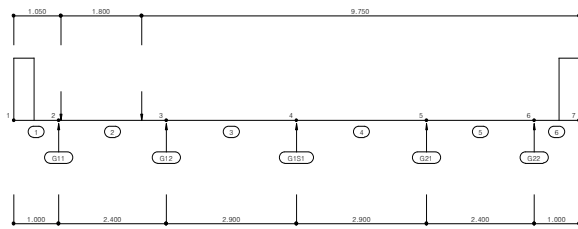
연석간의 교폭 $W_c = 11.700 \text{ m}$ (STA. 0K+420.700)

∴ 설계 차로수 $N = 3$ (도.설 2.1.3)

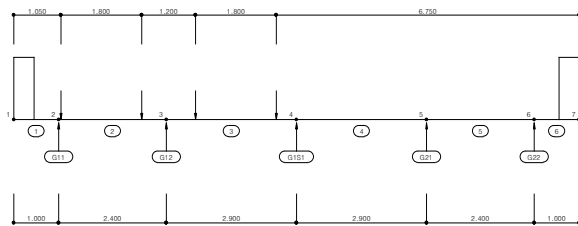
설계 차로폭 $W = W_c / N = 11.700 / 3 = 3.900 > 3.6 \text{ m} \Rightarrow W = 3.600 \text{ m}$

곡선교와 같이 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다. 설계차로폭 $W = 3.0 \text{ m}$

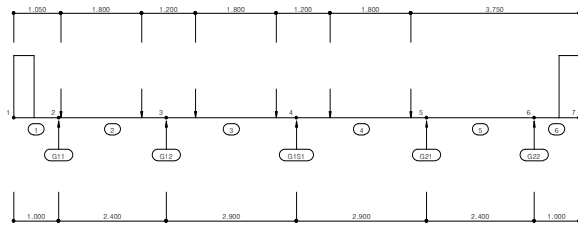
< G1 Max DB 1선 >



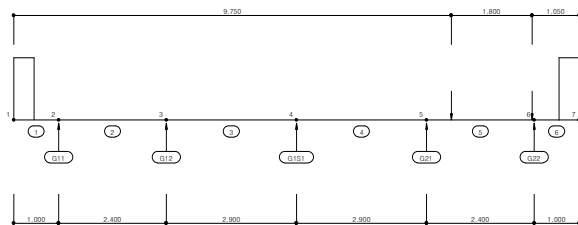
< G1 Max DB 2선 >



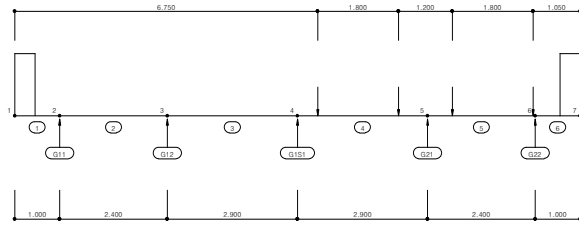
< G1 Max DB 3선 >



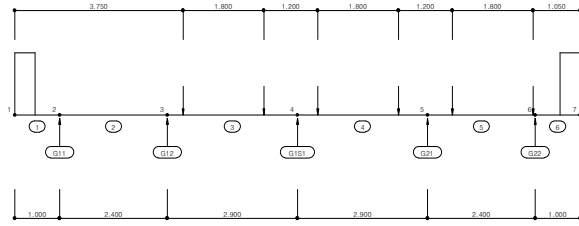
< G2 Max DB 1선 >



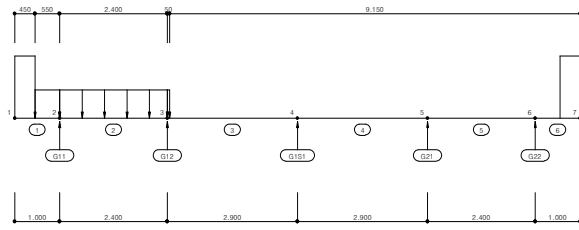
< G2 Max DB 2선 >



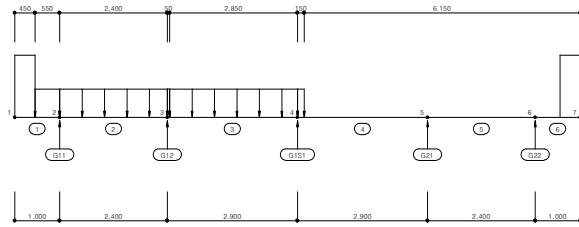
< G2 Max DB 3선 >



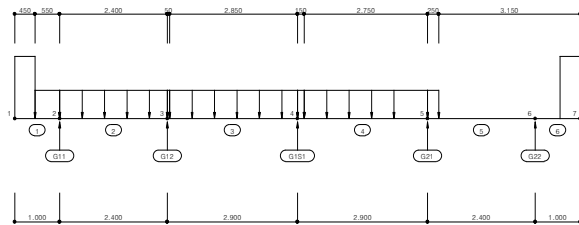
< G1 Max DL 1선 >



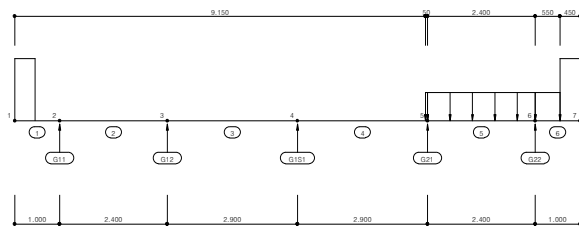
< G1 Max DL 2선 >



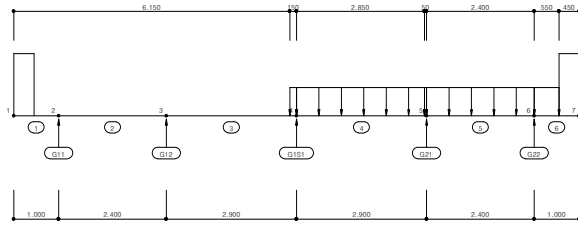
< G1 Max DL 3선 >



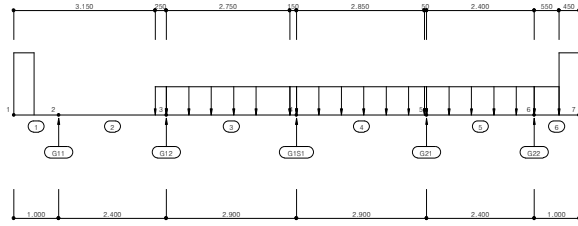
< G2 Max DL 1선 >



< G2 Max DL 2선 >



< G2 Max DL 3선 >



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

전륜 하중 $P_f = 24.000 \text{ kN}$

후륜 하중 $P_r = 96.000 \text{ kN}$

◁ DL-24 (차선하중)

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

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

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

5) 활하중 충격계수 (도.설 2.1.4)

지간장 (L) = $49.450 + 70.000 + 49.450 \text{ m}$

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

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

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 49.45} = 0.168 < 0.3 \Rightarrow 0.168$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 70} = 0.136 < 0.3 \Rightarrow 0.136$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 49.45} = 0.168 < 0.3 \Rightarrow 0.168$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (49.450 + 70.000) / 2} = 0.150 < 0.3 \Rightarrow 0.150$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (70.000 + 49.450) / 2} = 0.150 < 0.3 \Rightarrow 0.150$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.168 를 적용함.

6) 풍하중 (도.설 2.1.11)

다음의 계산은 활하중 비재하시의 값으로 활하중 재하시에는 산정된 값의 1/2을 적용한다.

< A1 - 위치 : Sta 0+420.70 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

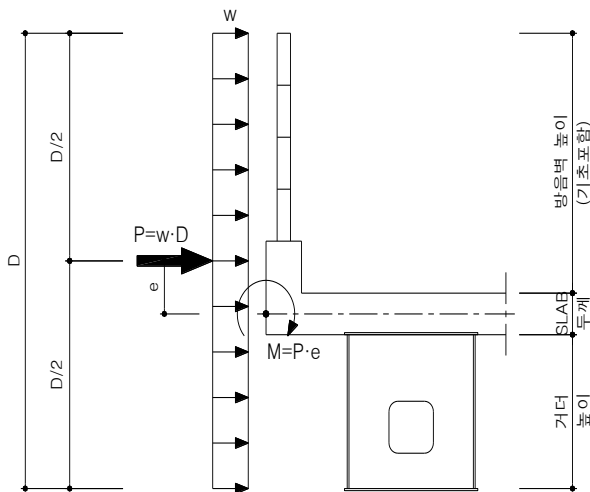
$$= 2.200 + 0.280 + 1.320 = 3.800 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 3.800 = 3.316$$

$$I \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (3.800 / 12.600)] = 12.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 12.680 \text{ kN/m}$$

$$w = 3336.8 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.440 \text{ m}$$

$$M = -5.58 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

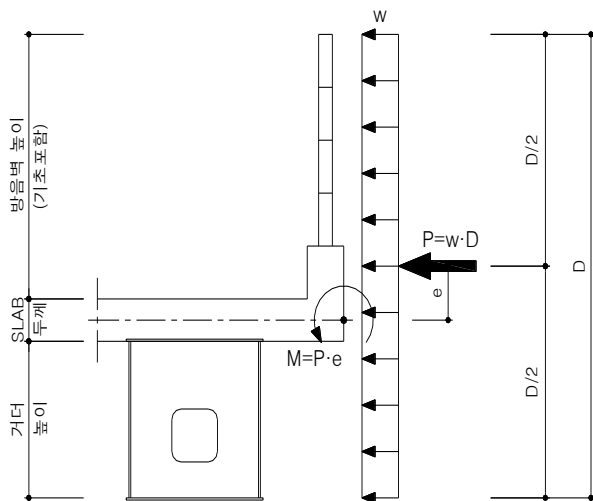
$$= 2.200 + 0.280 + 1.320 = 3.800 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 3.800 = 3.316$$

$$I \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (3.800 / 12.600)] = 12.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 12.680 \text{ kN/m} \\ w &= 3336.8 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.440 \text{ m} \\ M &= -5.58 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

< P1 - 위치 : Sta 0+470.15 >

- 좌측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

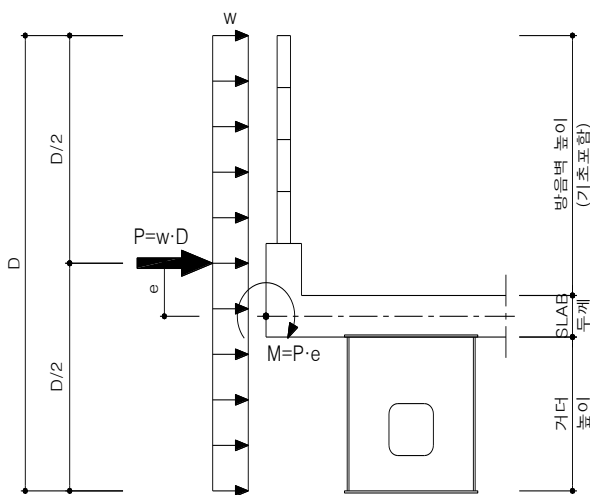
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = \\ &= 2.800 + 0.280 + 1.320 = 4.400 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.400 = 2.864$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (4.400 / 12.600)] = 15.1 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 15.080 \text{ kN/m} \\ w &= 3427.3 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.740 \text{ m} \\ M &= -11.16 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

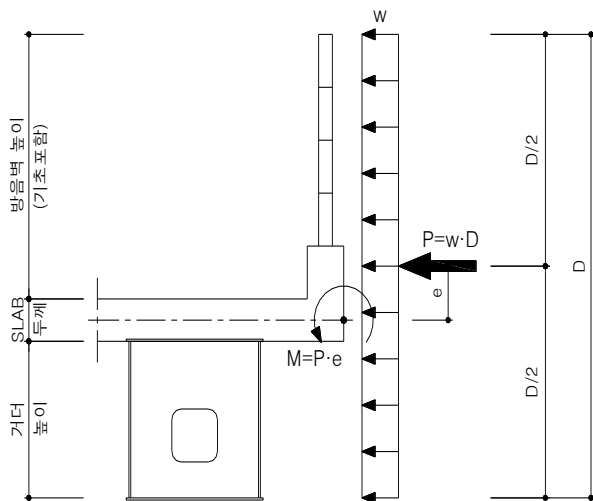
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방음벽높이} = \\ &= 2.800 + 0.280 + 1.320 = 4.400 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.400 = 2.864$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (4.400 / 12.600)] = 15.1 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 15.080 \text{ kN/m} \\ w &= 3427.3 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.740 \text{ m} \\ M &= -11.16 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

< P2 - 위치 : Sta 0+540.15 >

- 좌측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

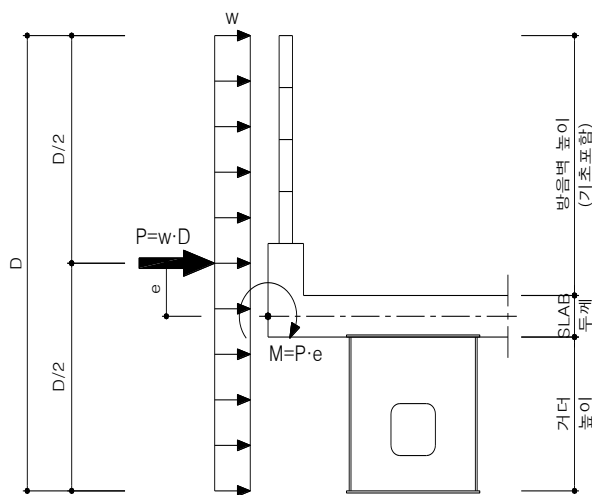
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 2.800 + 0.280 + 1.320 = 4.400 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.400 = 2.864$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (4.400 / 12.600)] = 15.1 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 15.080 \text{ kN/m} \\ w &= 3427.3 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.740 \text{ m} \\ M &= -11.16 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

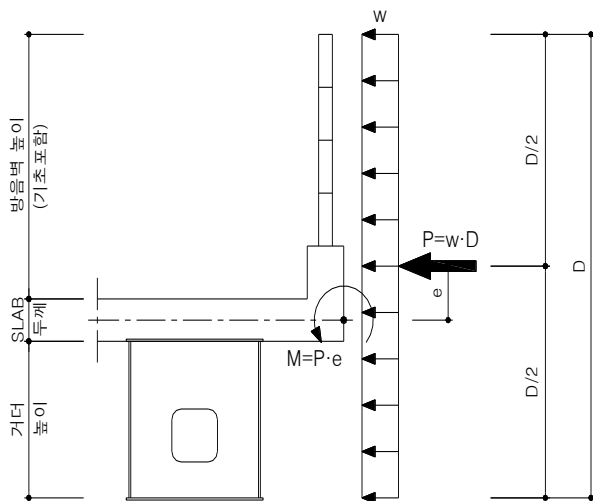
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 2.800 + 0.280 + 1.320 = 4.400 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.400 = 2.864$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (4.400 / 12.600)] = 15.1 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 15.080 \text{ kN/m} \\ w &= 3427.3 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.740 \text{ m} \\ M &= -11.16 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

< A2 - 위치 : Sta 0+589.60 >

- 좌측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

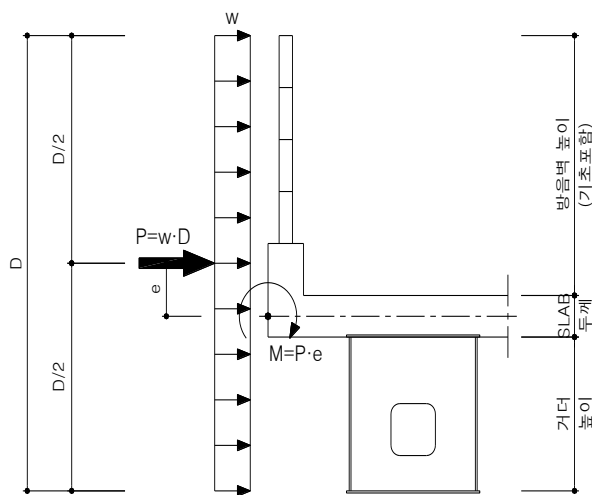
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 2.200 + 0.280 + 1.320 = 3.800 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 3.800 = 3.316$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (3.800 / 12.600)] = 12.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 12.680 \text{ kN/m} \\ w &= 3336.8 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.440 \text{ m} \\ M &= -5.58 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

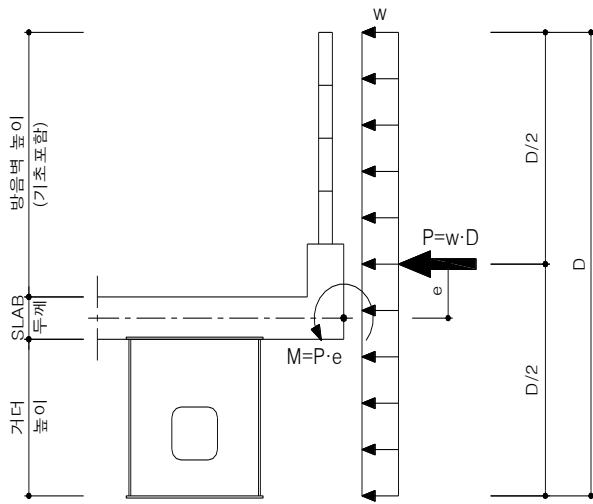
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 2.200 + 0.280 + 1.320 = 3.800 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 3.800 = 3.316$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (3.800 / 12.600)] = 12.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 12.680 \text{ kN/m}$$

$$w = 3336.8 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.440 \text{ m}$$

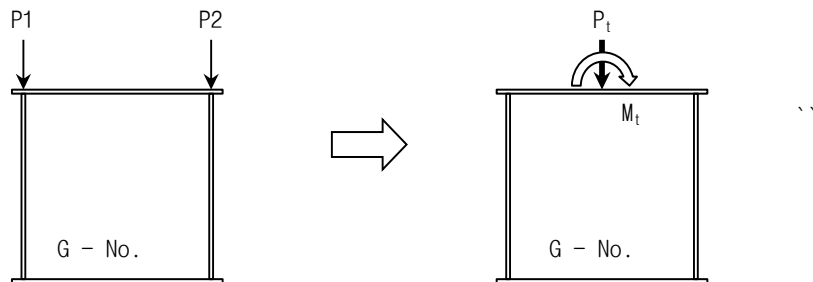
$$M = -5.58 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중 34.000 % 할증적용

$$\text{총강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 6162.497 \text{ kN} / 4598.878 \text{ kN} = 1.34000$$

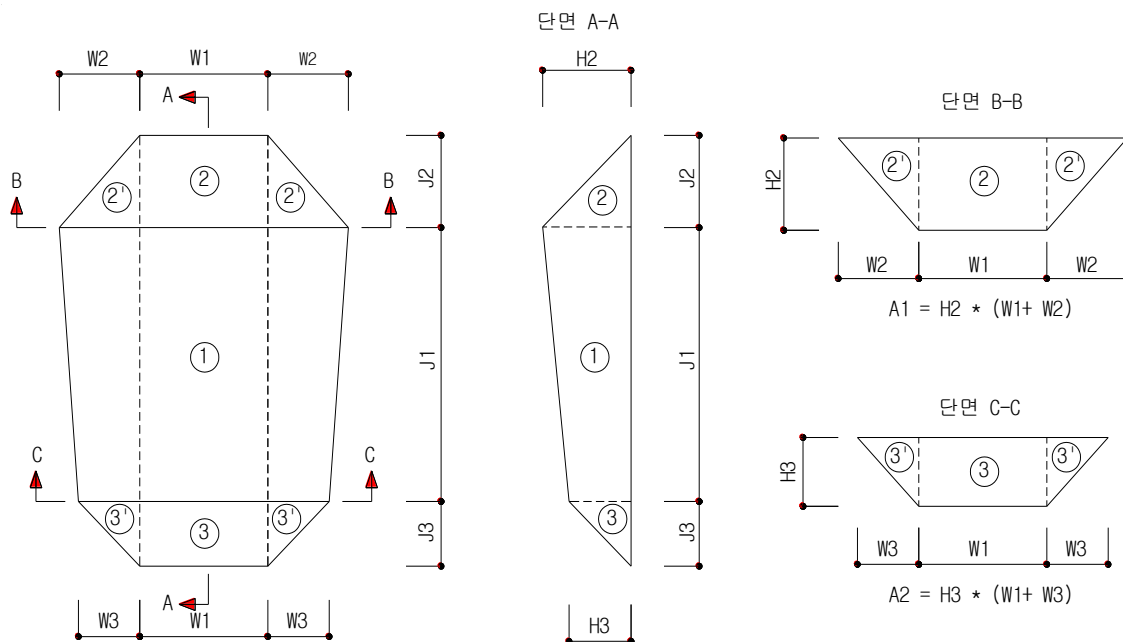
2) 합성전 고정하중



< Sta 0+420.70 >

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN · m/m)	
G - 1	2.400	25.426	31.654	57.080	7.474	
G - 2	2.400	31.654	25.426	57.080	-7.474	
ST - 1		36.209		36.209		

가로보 현치 자중



* 산식 정리

V(1)

$$= 1/2 \times J1 \times (A1 + A2) = 1/2 \times J1 \times (H2 \times (W1 + W2) + H3 \times (W1 + W3))$$

V(2) + (2')

$$= (1/2 \times H2 \times J2 \times W1) + (1/2 \times H2 \times J2 \times W2 \times 1/3) \times 2 \text{ ea}$$

V(3) + (3')

$$= (1/2 \times H3 \times J3 \times W1) + (1/2 \times H3 \times J3 \times W3 \times 1/3) \times 2 \text{ ea}$$

가로보 단위 길이당 작용 하중

$$\therefore \Sigma V \times \text{단위중량} / \text{가로보 길이}$$

* 입력자료

위치	폭원(m)			길이(m)			높이(m)		가로보 길이
	W1	W2	W3	J1	J2	J3	H2	H3	
G1-C1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G1-C1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G1-C2-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C2-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C3-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C3-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C4-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C4-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C5-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C5-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C6-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C6-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C7-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C7-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C8-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C8-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C9-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C9-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C10-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C10-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C11-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C11-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C12-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C12-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C13-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C13-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C14-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C14-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C15-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C15-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C16-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C16-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C17-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C17-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C18-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C18-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C19-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C19-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C20-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C20-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C21-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543

위치	폭원(m)			길이(m)			높이(m)		가로보 길이
	W1	W2	W3	J1	J2	J3	H2	H3	
G1-C21-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C22-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C22-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C23-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C23-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C24-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C24-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C25-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C25-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C26-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C26-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C27-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C27-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C28-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C28-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C29-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C29-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C30-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C30-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C31-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C31-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C32-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C32-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C33-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C33-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C34-1	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C34-2	0.400	0.000	0.000	2.530	0.000	0.000	0.000	0.000	2.543
G1-C35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G1-C35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

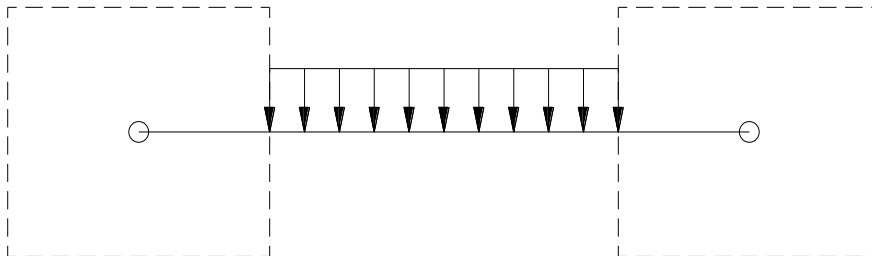
★ 계산자료

위치	체적(m³)				단위중량 (kN/ m³)	길이당 중량 (kN/m)
	V(1)	V(2)+(2')	V(3)+(3')	Σ V		
G1-C1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C2-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C2-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C3-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C3-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C4-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C4-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C5-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000

위치	체적 (m³)				단위중량 (kN/ m³)	길이당 중량 (kN/m)
	V(1)	V(2)+(2')	V(3)+(3')	Σ V		
G1-C5-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C6-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C6-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C7-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C7-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C8-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C8-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C9-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C9-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C10-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C10-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C11-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C11-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C12-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C12-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C13-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C13-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C14-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C14-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C15-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C15-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C16-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C16-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C17-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C17-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C18-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C18-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C19-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C19-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C20-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C20-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C21-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C21-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C22-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C22-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C23-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C23-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C24-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C24-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C25-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C25-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C26-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000

위치	체적 (m³)				단위중량 (kN/ m³)	길이당 중량 (kN/m)
	V(1)	V(2)+(2')	V(3)+(3')	Σ V		
G1-C26-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C27-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C27-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C28-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C28-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C29-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C29-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C30-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C30-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C31-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C31-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C32-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C32-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C33-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C33-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C34-1	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C34-2	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C35	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000
G1-C35	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000

* 가로보 하중 작용위치



3) 합성후 고정하중

< Sta 0+420.70 >

거더 No.	거더폭(m)	Pavement 및 방호벽, 중분대				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	
G - 1	2.400	17.281	-2.455	14.826	-23.683	
G - 2	2.400	-2.455	17.281	14.826	23.683	
ST - 1	2.400	5.773		5.773		

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	1.128	0.957	2.084	-0.205	-0.098	
	G - 2	2.400	0.028	-0.006	0.022	-0.040	-1.814	
	ST - 1		-0.107		-0.107			
2 차선	G - 1	2.400	1.007	2.013	3.020	1.207	0.400	
	G - 2	2.400	-0.123	0.025	-0.098	0.178	-1.814	
	ST - 1		1.078		1.078			
3 차선	G - 1	2.400	1.038	1.860	2.899	0.986	0.340	
	G - 2	2.400	1.127	-0.089	1.038	-1.458	-1.405	
	ST - 1		2.063		2.063			

< DB-24 G2 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	-0.006	0.028	0.022	0.040	1.814	
	G - 2	2.400	0.957	1.128	2.084	0.205	0.098	
	ST - 1		-0.107		-0.107			
2 차선	G - 1	2.400	0.025	-0.123	-0.098	-0.178	1.814	
	G - 2	2.400	2.013	1.007	3.020	-1.207	-0.400	
	ST - 1		1.078		1.078			
3 차선	G - 1	2.400	-0.089	1.127	1.038	1.458	1.405	
	G - 2	2.400	1.860	1.038	2.899	-0.986	-0.340	
	ST - 1		2.063		2.063			

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	1.683	1.453	3.136	-0.275	-0.088	
	G - 2	2.400	0.045	-0.009	0.036	-0.065	-1.814	
	ST - 1		-0.172		0.045			
2 차선	G - 1	2.400	1.495	3.043	4.538	1.859	0.410	
	G - 2	2.400	-0.193	0.039	-0.154	0.279	-1.814	
	ST - 1		1.616		-0.193			
3 차선	G - 1	2.400	1.543	2.806	4.349	1.516	0.349	
	G - 2	2.400	1.695	-0.141	1.554	-2.203	-1.418	
	ST - 1		3.097		1.695			

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	-0.009	0.045	0.036	0.065	1.814	
	G - 2	2.400	1.453	1.683	3.136	0.275	0.088	
	ST - 1		-0.172		1.453			
2 차선	G - 1	2.400	0.039	-0.193	-0.154	-0.279	1.814	
	G - 2	2.400	3.043	1.495	4.538	-1.859	-0.410	
	ST - 1		1.616		3.043			
3 차선	G - 1	2.400	-0.141	1.695	1.554	2.203	1.418	
	G - 2	2.400	2.806	1.543	4.349	-1.516	-0.349	
	ST - 1		3.097		2.806			

- 풍하중

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.237	1.237	kN/m
	P2			
	Pt	-1.237	1.237	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-12.680	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.456	-1.456	kN/m
	P2			
	Pt	1.456	-1.456	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	6.000	kN/m

< P1 - 위치 : Sta. 0+470.15 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)		0.000		
수 직 하 중	P1	-1.471	1.471	kN/m
	P2			
	Pt	-1.471	1.471	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-15.080	0.000	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)		0.000		
수 직 하 중	P1	1.676	-1.676	kN/m
	P2			
	Pt	1.676	-1.676	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

< P2 - 위치 : Sta. 0+540.15 >

- LWind (Left -> Right)

LWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)		0.000		
수 직 하 중	P1	-1.471	1.471	kN/m
	P2			
	Pt	-1.471	1.471	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-15.080	0.000	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)		0.000		
수 직 하 중	P1	1.676	-1.676	kN/m
	P2			
	Pt	1.676	-1.676	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

< A2 - 위치 : Sta. 0+589.60 >

- LWind (Left -> Right)

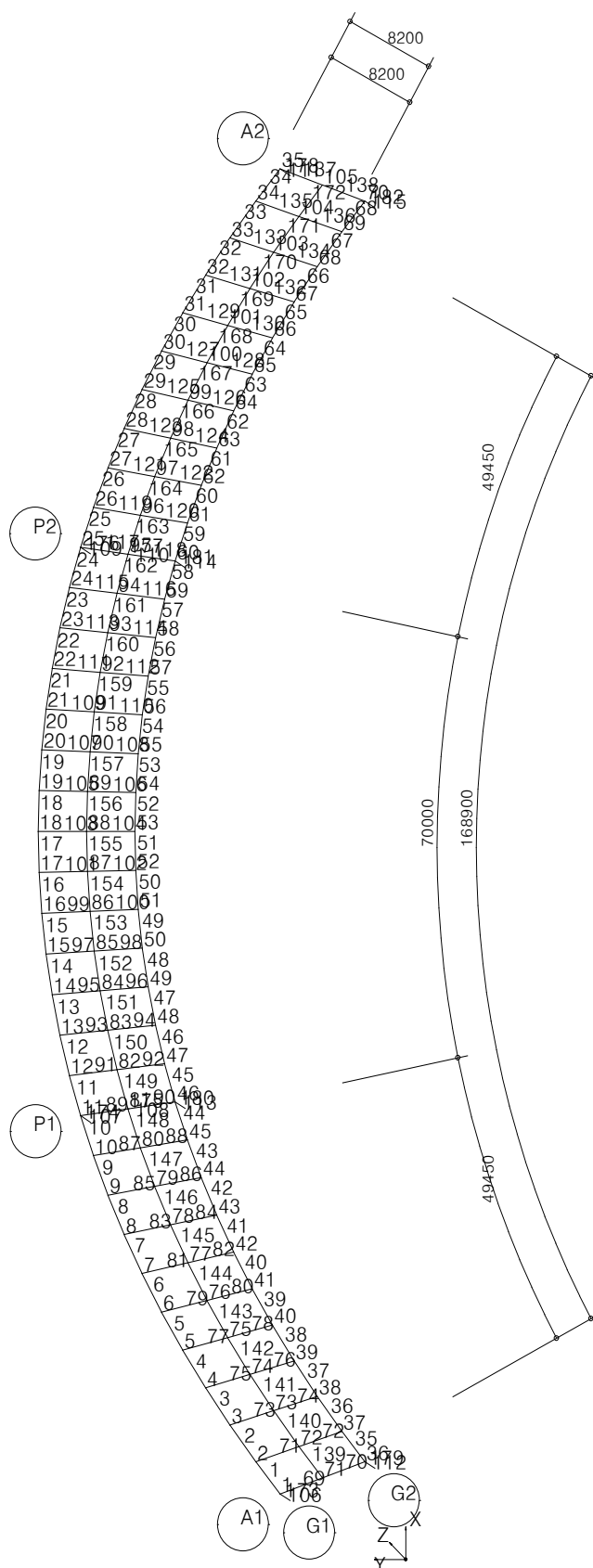
LWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.237	1.237	kN/m
	P2			
	Pt	-1.237	1.237	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	-12.680	kN/m

- RWind (Right -> Left)

RWind		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.456	-1.456	kN/m
	P2			
	Pt	1.456	-1.456	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	0.000	6.000	kN/m

4.4 모델링 및 단면제원

1) 모델링



2) 하 중 조 합

(1) CASE 1 : 합성전 고정하중 (단면 : Steel)

- ① STEEL 자중
- ② 콘크리트 자중
 - ⓐ 바닥판 자중
 - ⓑ 가로보현치 자중

(2) CASE 2 : 합성후 고정하중 (단면 : Steel + Slab)

- ① 포장, 보도, 방음벽 및 방호책 등 합성후 고정하중

(3) CASE 3 : 활하중 및 풍하중 (단면 : Steel + Slab)

- 단위하중을 재하하여 나온 횡분배된 결과를 기준으로 각 거더별 가중치를 산정

SAP2000 Program의 BRIDGE 기능을 이용 거더별로 산정한 가중치를 곱하여 단면력을 산정

- ① DB-24 하중 : 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용
- ② DL-24 하중 : 차선하중은 SAP BRIDGE에서 재하하였으며, Ps 및 Pm 하중은 재하경간내에서 검토단면에 최대단면력을 발생시키는 위치에 재하
- ③ 풍 하 중 : 교량에 측면에 작용하는 풍하중을 횡분배 산정 후 적용

(4) CASE 4 : 지점침하 (단면 : Steel + Slab)

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

3) 부재력 집계

[BENDING MOMENT]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	1.464	3.110	3.401	13.130	-10.062	1.475	-1.475	0.260	-0.207	A1
	2	923.850	2,709.621	1,098.589	3,125.167	-810.644	72.949	-72.949	70.927	-52.378	
2	2	926.590	2,716.563	1,102.853	3,133.866	-817.818	75.400	-75.400	70.740	-52.737	
	3	1,567.940	4,550.583	1,870.574	5,328.584	-1,615.034	87.971	-87.971	151.608	-106.668	
3	3	1,570.437	4,557.546	1,873.863	5,346.788	-1,623.468	90.350	-90.350	151.309	-107.053	
	4	1,831.438	5,323.224	2,198.775	6,694.518	-2,456.255	83.663	-83.663	232.279	-159.659	
4	4	1,832.598	5,326.881	2,199.840	6,707.798	-2,464.168	84.856	-84.856	231.827	-159.948	
	5	1,723.994	5,049.567	2,093.851	7,325.878	-3,333.662	75.624	-75.624	311.968	-212.286	
5	5	1,723.704	5,049.625	2,092.483	7,331.693	-3,339.296	75.879	-75.879	311.313	-212.431	
	6	1,246.125	3,732.915	1,557.047	7,279.658	-4,240.231	65.336	-65.336	389.196	-264.232	
6	6	1,244.730	3,730.367	1,553.502	7,277.439	-4,242.268	64.797	-64.797	388.330	-264.202	
	7	393.078	1,368.899	586.856	6,575.844	-5,115.525	54.293	-54.293	461.390	-314.198	
7	7	391.274	1,365.854	581.654	6,566.910	-5,112.837	52.968	-52.968	460.307	-313.991	
	8	-851.252	-2,048.983	-818.359	5,215.329	-6,067.328	21.684	-21.684	524.217	-359.830	
8	8	-852.400	-2,049.362	-824.322	5,202.068	-6,058.543	20.134	-20.134	522.981	-359.465	
	9	-2,504.715	-6,517.459	-2,654.255	3,405.376	-7,310.363	79.921	-79.921	572.506	-398.172	
9	9	-2,506.661	-6,518.770	-2,661.683	3,399.794	-7,304.663	81.120	-81.120	571.449	-397.854	
	10	-4,269.369	-11,035.645	-4,684.628	1,970.447	-9,539.454	313.385	-313.385	565.911	-403.933	
10	10	-4,271.648	-11,038.262	-4,691.927	1,967.864	-9,530.489	311.670	-311.670	565.277	-403.760	
	11	-6,441.238	-16,014.830	-7,165.592	1,499.413	-12,908.429	718.410	-718.410	523.614	-394.546	P1
11	11	-6,417.781	-15,965.164	-7,153.424	1,481.145	-12,861.904	713.654	-713.654	524.641	-388.553	P1
	12	-4,139.138	-10,807.921	-4,575.919	1,617.858	-8,859.730	320.441	-320.441	552.592	-364.997	
12	12	-4,133.249	-10,798.191	-4,565.452	1,614.919	-8,847.013	317.910	-317.910	552.848	-365.065	
	13	-2,207.873	-5,998.307	-2,410.989	2,615.760	-5,954.069	89.448	-89.448	543.867	-316.841	
13	13	-2,202.842	-5,990.837	-2,400.815	2,621.206	-5,947.061	86.154	-86.154	544.576	-317.140	
	14	-390.138	-1,240.806	-436.907	4,033.011	-3,902.932	18.091	-18.091	480.513	-271.951	
14	14	-386.209	-1,234.841	-428.473	4,039.984	-3,898.988	22.635	-22.635	481.454	-272.245	
	15	1,017.844	2,464.936	1,105.903	5,273.150	-3,090.056	56.683	-56.683	402.729	-241.729	
15	15	1,022.034	2,472.967	1,113.177	5,281.856	-3,096.720	60.516	-60.516	403.551	-241.951	
	16	2,035.867	5,117.721	2,211.272	6,803.653	-2,939.156	71.351	-71.351	316.267	-206.868	
16	16	2,039.277	5,124.774	2,216.624	6,817.594	-2,942.642	73.993	-73.993	316.940	-206.987	
	17	2,660.985	6,716.117	2,876.862	7,776.831	-2,834.860	76.581	-76.581	224.775	-169.463	
17	17	2,662.833	6,720.056	2,879.669	7,784.046	-2,836.824	77.790	-77.790	225.301	-169.468	
	18	2,870.966	7,249.008	3,099.234	8,104.356	-2,838.398	77.856	-77.856	130.862	-130.821	
18	18	2,870.861	7,248.782	3,099.147	8,104.044	-2,838.168	77.576	-77.576	131.007	-130.883	
	19	2,663.406	6,721.251	2,879.993	7,786.267	-2,838.682	76.858	-76.858	225.226	-169.808	
19	19	2,661.350	6,716.863	2,877.039	7,778.423	-2,836.253	75.105	-75.105	224.667	-169.765	
	20	2,040.101	5,126.371	2,216.974	6,821.398	-2,946.349	72.042	-72.042	316.942	-207.362	
20	20	2,036.475	5,118.850	2,211.453	6,806.805	-2,942.384	68.956	-68.956	316.236	-207.202	
	21	1,023.135	2,475.026	1,113.579	5,285.476	-3,102.298	58.017	-58.017	403.611	-242.297	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
21	21	1,018.720	2,466.508	1,106.146	5,276.272	-3,095.280	53.898	-53.898	402.757	-242.029	
	22	-384.908	-1,232.501	-428.064	4,044.247	-3,903.050	20.338	-20.338	481.570	-272.447	
22	22	-389.071	-1,238.979	-436.644	4,036.813	-3,906.767	15.714	-15.714	480.595	-272.104	
	23	-2,201.344	-5,988.240	-2,400.426	2,626.191	-5,949.683	86.427	-86.427	544.748	-316.747	
23	23	-2,206.524	-5,995.984	-2,410.678	2,620.321	-5,956.541	89.658	-89.658	543.995	-316.491	
	24	-4,132.442	-10,797.166	-4,565.446	1,614.590	-8,846.903	316.110	-316.110	552.971	-364.932	
24	24	-4,138.476	-10,807.151	-4,576.016	1,617.482	-8,858.643	318.254	-318.254	552.678	-364.891	
	25	-6,428.130	-15,987.438	-7,158.642	1,486.492	-12,875.544	709.158	-709.158	524.158	-391.595	P2
25	25	-6,430.237	-15,991.572	-7,160.374	1,490.596	-12,891.723	710.921	-710.921	524.330	-391.697	P2
	26	-4,271.541	-11,037.593	-4,691.668	1,970.480	-9,534.140	307.810	-307.810	565.430	-403.949	
26	26	-4,269.403	-11,035.231	-4,684.446	1,973.199	-9,543.337	309.090	-309.090	566.031	-404.152	
	27	-2,507.776	-6,520.917	-2,662.190	3,404.974	-7,311.155	80.139	-80.139	571.551	-398.235	
27	27	-2,506.022	-6,519.987	-2,654.858	3,410.978	-7,317.444	78.831	-78.831	572.573	-398.599	
	28	-853.439	-2,051.386	-824.805	5,207.601	-6,065.066	21.118	-21.118	523.058	-359.843	
28	28	-852.504	-2,051.463	-818.955	5,221.314	-6,074.507	22.777	-22.777	524.267	-360.253	
	29	390.328	1,364.042	581.230	6,571.369	-5,118.070	52.507	-52.507	460.363	-314.358	
29	29	391.932	1,366.658	586.295	6,580.631	-5,121.285	53.792	-53.792	461.419	-314.605	
	30	1,244.070	3,729.231	1,553.303	7,281.106	-4,246.398	63.345	-63.345	388.359	-264.517	
30	30	1,245.289	3,731.396	1,556.705	7,283.593	-4,244.811	63.945	-63.945	389.202	-264.582	
	31	1,723.157	5,048.656	2,092.295	7,334.623	-3,342.549	74.770	-74.770	311.333	-212.690	
31	31	1,723.282	5,048.242	2,093.513	7,329.018	-3,337.288	74.436	-74.436	311.966	-212.579	
	32	1,832.174	5,326.104	2,199.668	6,710.175	-2,466.780	83.636	-83.636	231.843	-160.146	
32	32	1,830.854	5,322.095	2,198.453	6,697.007	-2,459.142	82.362	-82.362	232.276	-159.886	
	33	1,570.227	4,557.225	1,873.793	5,348.747	-1,625.617	88.032	-88.032	151.343	-107.191	
33	33	1,567.596	4,549.980	1,870.402	5,330.766	-1,617.513	85.522	-85.522	151.622	-106.836	
	34	926.473	2,716.327	1,102.717	3,134.061	-818.906	74.117	-74.117	70.760	-52.785	
34	34	923.555	2,708.968	1,098.276	3,125.242	-811.909	71.569	-71.569	70.931	-52.450	
	35	1.604	3.409	3.453	12.890	-9.684	1.490	-1.490	0.225	-0.173	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
35	36	1.660	5.697	0.437	14.381	-9.574	0.623	-0.623	0.218	-0.155	A1
	37	819.795	2,394.068	956.319	2,751.930	-625.768	72.129	-72.129	66.489	-40.087	
36	37	822.551	2,402.733	958.528	2,753.802	-637.354	72.333	-72.333	66.308	-40.410	
	38	1,449.382	4,183.194	1,698.706	4,660.947	-1,438.315	92.256	-92.256	140.778	-90.136	
37	38	1,451.541	4,189.608	1,700.970	4,662.438	-1,450.236	91.835	-91.835	140.500	-90.494	
	39	1,727.085	4,990.455	2,046.532	5,857.381	-2,273.479	93.332	-93.332	214.916	-141.496	
38	39	1,727.547	4,991.710	2,047.576	5,857.044	-2,283.243	93.006	-93.006	214.496	-141.782	
	40	1,641.981	4,779.028	1,986.373	6,497.890	-3,099.867	95.210	-95.210	289.685	-193.028	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
39	40	1,640.456	4,774.208	1,985.861	6,496.329	-3,106.424	95.324	-95.324	289.103	-193.182	
	41	1,193.172	3,546.926	1,516.820	6,524.122	-3,945.774	102.383	-102.383	366.478	-244.965	
40	41	1,189.815	3,536.358	1,515.026	6,520.802	-3,948.587	102.967	-102.967	365.722	-244.970	
	42	380.416	1,301.158	640.431	5,953.524	-4,733.645	109.270	-109.270	447.906	-298.616	
41	42	375.626	1,285.783	638.014	5,947.846	-4,731.623	110.081	-110.081	447.000	-298.475	
	43	-809.259	-1,959.919	-643.169	4,788.883	-5,478.642	98.553	-98.553	538.095	-356.224	
42	43	-814.944	-1,978.919	-645.270	4,780.242	-5,470.793	99.016	-99.016	537.095	-355.959	
	44	-2,403.831	-6,268.772	-2,341.749	3,137.433	-6,307.025	34.721	-34.721	642.134	-420.606	
43	44	-2,406.903	-6,282.201	-2,340.730	3,124.151	-6,297.379	33.808	-33.808	640.934	-420.126	
	45	-4,127.324	-10,705.991	-4,251.075	1,815.951	-8,543.998	140.268	-140.268	740.745	-477.638	
44	45	-4,126.187	-10,708.248	-4,246.160	1,808.322	-8,536.840	145.873	-145.873	739.549	-477.080	
	46	-6,324.880	-15,835.493	-6,675.766	1,441.584	-12,141.880	703.606	-703.606	880.212	-558.881	P1
45	46	-6,308.587	-15,804.157	-6,667.007	1,420.375	-12,113.798	709.220	-709.220	880.705	-554.864	P1
	47	-3,975.900	-10,446.132	-4,119.883	1,444.825	-8,015.411	148.506	-148.506	725.136	-441.297	
46	47	-3,972.925	-10,435.915	-4,121.269	1,445.271	-8,014.553	146.991	-146.991	725.925	-441.642	
	48	-2,086.645	-5,722.470	-2,082.032	2,427.604	-5,130.817	34.931	-34.931	612.008	-344.625	
47	48	-2,079.739	-5,701.601	-2,079.844	2,434.172	-5,131.397	32.597	-32.597	612.863	-344.896	
	49	-342.085	-1,151.571	-263.542	3,799.704	-3,353.587	109.982	-109.982	494.819	-277.656	
48	49	-332.995	-1,125.777	-258.574	3,805.448	-3,351.256	106.898	-106.898	495.522	-277.871	
	50	997.083	2,374.908	1,140.312	4,963.724	-2,852.686	132.493	-132.493	391.451	-233.134	
49	50	1,004.629	2,395.800	1,145.164	4,968.925	-2,860.634	129.664	-129.664	392.097	-233.303	
	51	1,963.121	4,892.262	2,141.573	6,283.571	-2,796.030	135.255	-135.255	297.002	-193.385	
50	51	1,968.686	4,907.411	2,145.483	6,288.302	-2,800.779	133.225	-133.225	297.553	-193.471	
	52	2,557.921	6,412.950	2,745.412	7,119.561	-2,722.862	133.003	-133.003	207.212	-155.983	
51	52	2,560.879	6,420.902	2,747.579	7,122.100	-2,724.791	132.090	-132.090	207.647	-155.968	
	53	2,758.818	6,922.980	2,947.630	7,398.781	-2,656.672	131.320	-131.320	119.562	-119.516	
52	53	2,758.888	6,923.119	2,947.690	7,399.069	-2,657.090	131.613	-131.613	119.731	-119.577	
	54	2,561.322	6,421.887	2,747.844	7,123.254	-2,725.719	131.867	-131.867	207.531	-156.069	
53	54	2,558.448	6,414.063	2,745.751	7,121.223	-2,724.592	133.355	-133.355	207.108	-156.106	
	55	1,969.805	4,909.907	2,146.211	6,291.491	-2,802.717	133.015	-133.015	297.479	-193.658	
54	55	1,964.414	4,895.129	2,142.440	6,287.333	-2,798.849	135.494	-135.494	296.945	-193.596	
	56	1,006.244	2,399.347	1,146.149	4,972.232	-2,863.332	129.241	-129.241	392.107	-233.645	
55	56	998.835	2,378.723	1,141.393	4,967.407	-2,856.203	132.399	-132.399	391.474	-233.505	
	57	-330.729	-1,120.783	-257.171	3,809.690	-3,351.567	106.047	-106.047	495.596	-278.461	
56	57	-339.588	-1,146.056	-261.996	3,804.347	-3,354.199	109.250	-109.250	494.908	-278.283	
	58	-2,076.480	-5,694.331	-2,077.776	2,438.766	-5,130.282	31.068	-31.068	613.005	-344.313	
57	58	-2,083.314	-5,715.140	-2,079.906	2,432.513	-5,129.651	33.296	-33.296	612.152	-343.996	
	59	-3,969.446	-10,428.073	-4,118.920	1,445.944	-8,010.944	149.140	-149.140	726.122	-440.991	
58	59	-3,972.325	-10,438.134	-4,117.450	1,445.448	-8,011.857	151.129	-151.129	725.323	-440.613	
	60	-6,314.994	-15,816.382	-6,669.996	1,426.870	-12,120.884	710.758	-710.758	880.570	-556.736	P2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
59	60	-6,316.962	-15,820.215	-6,671.775	1,430.922	-12,125.549	709.361	-709.361	880.778	-556.809	P2
	61	-4,128.778	-10,714.373	-4,248.095	1,809.456	-8,539.156	148.285	-148.285	739.606	-477.791	
60	61	-4,129.803	-10,711.957	-4,252.900	1,816.840	-8,545.936	143.247	-143.247	740.783	-478.315	
	62	-2,409.773	-6,288.882	-2,342.868	3,127.265	-6,303.052	32.736	-32.736	640.969	-420.822	
61	62	-2,406.604	-6,275.267	-2,343.831	3,140.196	-6,312.154	33.408	-33.408	642.180	-421.261	
	63	-817.195	-1,984.116	-646.967	4,783.780	-5,474.899	99.405	-99.405	537.155	-356.488	
62	63	-811.350	-1,964.792	-644.744	4,791.902	-5,481.859	98.863	-98.863	538.153	-356.711	
	64	374.057	1,282.283	636.933	5,950.969	-4,735.656	111.736	-111.736	447.041	-298.879	
63	64	378.992	1,297.957	639.449	5,956.155	-4,736.854	110.960	-110.960	447.956	-298.987	
	65	1,188.633	3,533.783	1,514.243	6,523.420	-3,952.233	105.592	-105.592	365.769	-245.287	
64	65	1,192.108	3,544.577	1,516.129	6,526.307	-3,948.640	105.128	-105.128	366.531	-245.253	
	66	1,639.627	4,772.473	1,985.360	6,498.530	-3,109.357	98.567	-98.567	289.150	-193.426	
65	66	1,641.257	4,777.495	1,985.963	6,499.700	-3,102.071	98.623	-98.623	289.739	-193.247	
	67	1,727.060	4,990.791	2,047.350	5,859.073	-2,285.366	96.433	-96.433	214.540	-141.961	
66	67	1,726.698	4,989.732	2,046.406	5,859.061	-2,274.952	96.951	-96.951	214.964	-141.653	
	68	1,451.494	4,189.814	1,701.156	4,663.896	-1,451.821	94.896	-94.896	140.554	-90.628	
67	68	1,449.401	4,183.492	1,698.970	4,662.210	-1,439.111	95.505	-95.505	140.838	-90.244	
	69	822.807	2,403.698	958.994	2,755.513	-638.224	74.279	-74.279	66.348	-40.490	
68	69	820.148	2,395.246	956.875	2,753.567	-626.111	74.205	-74.205	66.531	-40.149	
	70	1.582	5.574	0.395	15.042	-10.019	0.616	-0.616	0.239	-0.182	A2

[SHEAR FORCE]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-235.135	-719.856	-279.448	193.605	-869.727	18.853	-18.853	11.743	-15.991	A1
	2	-179.730	-524.872	-213.583	233.066	-743.680	13.305	-13.305	11.743	-15.991	
2	2	-160.233	-450.109	-190.795	209.680	-670.527	7.117	-7.117	10.803	-16.200	
	3	-96.717	-284.673	-116.785	290.742	-550.725	0.673	-0.673	10.803	-16.200	
3	3	-84.037	-236.083	-102.085	275.265	-549.463	2.944	-2.944	10.536	-16.216	
	4	-20.507	-70.612	-28.059	361.419	-438.387	5.055	-5.055	10.536	-16.216	
4	4	-10.009	-27.183	-15.780	343.221	-463.306	1.973	-1.973	10.483	-16.052	
	5	53.515	138.273	58.239	433.092	-359.176	5.691	-5.691	10.483	-16.052	
5	5	63.897	181.009	70.239	421.161	-390.721	1.851	-1.851	10.376	-15.600	
	6	127.420	346.463	144.256	514.886	-290.798	6.126	-6.126	10.376	-15.600	
6	6	138.175	390.323	156.630	514.844	-331.933	1.323	-1.323	10.015	-14.635	
	7	203.693	555.761	230.641	612.578	-227.328	7.608	-7.608	10.015	-14.635	
7	7	215.137	601.323	243.438	623.566	-274.529	3.828	-3.828	9.182	-12.802	
	8	282.656	766.763	317.449	725.502	-170.515	11.833	-11.833	9.182	-12.802	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
8	8	293.749	812.194	329.511	747.275	-210.383	14.160	-14.160	7.753	-9.919	
	9	371.575	977.654	403.531	854.264	-110.043	21.284	-21.284	7.753	-9.919	
9	9	308.450	821.867	368.126	834.437	-140.710	45.360	-45.360	1.218	-1.255	
	10	398.096	987.342	442.153	950.643	-70.015	52.604	-52.604	1.218	-1.255	
10	10	382.907	914.198	458.525	920.607	-151.521	77.810	-77.810	8.346	-5.464	
	11	492.466	1,079.633	532.534	1,047.959	-128.310	85.169	-85.169	8.346	-5.464	P1
11	11	-514.223	-1,115.614	-553.228	151.317	-1,098.454	82.459	-82.459	5.312	-5.598	P1
	12	-404.640	-950.143	-479.203	174.347	-971.463	75.044	-75.044	5.312	-5.598	
12	12	-430.741	-1,044.192	-468.570	117.295	-1,023.024	52.062	-52.062	6.401	-9.660	
	13	-341.112	-878.749	-394.557	159.879	-907.149	44.659	-44.659	6.401	-9.660	
13	13	-403.781	-1,034.117	-430.362	144.864	-932.738	21.816	-21.816	12.831	-16.077	
	14	-325.703	-868.657	-356.342	204.261	-825.884	14.422	-14.422	12.831	-16.077	
14	14	-314.958	-823.795	-344.345	187.387	-806.762	12.181	-12.181	15.769	-17.552	
	15	-247.797	-658.343	-270.328	255.923	-704.680	3.798	-3.798	15.769	-17.552	
15	15	-236.217	-612.465	-256.955	227.376	-693.281	7.711	-7.711	17.483	-18.411	
	16	-169.920	-447.011	-182.937	303.988	-594.957	1.516	-1.516	17.483	-18.411	
16	16	-158.611	-401.501	-169.266	274.786	-591.401	5.572	-5.572	18.463	-18.905	
	17	-89.551	-236.068	-95.257	353.439	-497.203	3.161	-3.161	18.463	-18.905	
17	17	-77.609	-188.675	-80.987	336.783	-499.942	4.510	-4.510	18.969	-19.095	
	18	-5.767	-23.219	-6.969	420.980	-410.581	3.860	-3.860	18.969	-19.095	
18	18	5.631	22.935	6.887	410.417	-421.097	3.807	-3.807	19.074	-18.989	
	19	77.474	188.390	80.905	499.760	-336.880	4.558	-4.558	19.074	-18.989	
19	19	89.427	235.817	95.189	497.020	-353.496	3.050	-3.050	18.883	-18.481	
	20	158.501	401.283	169.212	591.219	-274.806	5.601	-5.601	18.883	-18.481	
20	20	169.821	446.824	182.893	594.796	-304.204	1.467	-1.467	18.392	-17.501	
	21	236.118	612.279	256.911	693.099	-227.391	7.706	-7.706	18.392	-17.501	
21	21	247.711	658.189	270.295	704.506	-256.214	3.772	-3.772	17.538	-15.786	
	22	314.873	823.641	344.312	806.562	-187.406	12.124	-12.124	17.538	-15.786	
22	22	325.616	868.502	356.317	825.658	-204.457	14.184	-14.184	16.067	-12.849	
	23	403.695	1,033.963	430.337	932.479	-144.868	21.479	-21.479	16.067	-12.849	
23	23	341.221	879.009	394.618	907.254	-160.209	44.199	-44.199	9.703	-6.299	
	24	430.849	1,044.452	468.631	1,023.126	-117.850	51.482	-51.482	9.703	-6.299	
24	24	406.945	954.978	480.337	976.835	-180.199	74.668	-74.668	5.713	-5.733	
	25	516.507	1,120.417	554.348	1,103.656	-157.298	81.941	-81.941	5.713	-5.733	P2
25	25	-490.211	-1,074.930	-531.451	132.722	-1,048.176	84.350	-84.350	4.766	-8.232	P2
	26	-380.630	-909.463	-457.428	155.823	-920.944	77.141	-77.141	4.766	-8.232	
26	26	-397.940	-986.989	-442.087	70.595	-950.605	52.172	-52.172	1.347	-1.185	
	27	-308.311	-821.545	-368.074	141.133	-834.430	45.082	-45.082	1.347	-1.185	
27	27	-371.628	-977.755	-403.555	110.389	-854.241	20.851	-20.851	9.918	-7.762	
	28	-293.803	-812.296	-329.535	210.832	-747.296	13.876	-13.876	9.918	-7.762	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
28	28	-282.718	-766.897	-317.484	170.774	-725.527	11.674	-11.674	12.801	-9.193	
	29	-215.198	-601.457	-243.472	274.805	-623.624	3.725	-3.725	12.801	-9.193	
29	29	-203.764	-555.909	-230.684	227.522	-612.637	7.483	-7.483	14.633	-10.032	
	30	-138.234	-390.439	-156.659	332.126	-514.907	1.496	-1.496	14.633	-10.032	
30	30	-127.478	-346.573	-144.287	290.980	-514.949	6.045	-6.045	15.597	-10.394	
	31	-63.955	-181.120	-70.270	390.903	-421.232	1.930	-1.930	15.597	-10.394	
31	31	-53.573	-138.383	-58.272	359.325	-433.194	5.666	-5.666	16.048	-10.502	
	32	9.952	27.073	15.747	463.454	-343.334	1.962	-1.962	16.048	-10.502	
32	32	20.448	70.493	28.028	438.520	-361.532	5.133	-5.133	16.212	-10.556	
	33	83.966	235.935	102.040	549.576	-275.392	2.880	-2.880	16.212	-10.556	
33	33	96.643	284.519	116.744	550.926	-290.972	0.884	-0.884	16.196	-10.826	
	34	160.171	449.984	190.767	670.654	-209.894	7.006	-7.006	16.196	-10.826	
34	34	179.679	524.795	213.556	744.069	-233.416	13.003	-13.003	15.992	-11.769	
	35	235.073	719.740	279.408	870.077	-194.065	18.538	-18.538	15.992	-11.769	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
35	36	-221.050	-673.709	-259.008	146.927	-787.154	19.814	-19.814	9.521	-15.880	A1
	37	-168.746	-490.043	-196.830	195.443	-662.364	14.692	-14.692	9.521	-15.880	
36	37	-162.162	-453.481	-191.013	201.275	-654.782	7.930	-7.930	10.466	-15.675	
	38	-101.713	-296.034	-120.577	281.398	-529.947	1.220	-1.220	10.466	-15.675	
37	38	-88.217	-247.272	-107.946	269.103	-550.800	4.181	-4.181	10.733	-15.660	
	39	-27.756	-89.795	-37.497	352.338	-440.721	2.946	-2.946	10.733	-15.660	
38	39	-12.220	-33.973	-22.342	329.961	-469.835	3.636	-3.636	10.785	-15.824	
	40	48.236	123.494	48.103	416.612	-365.618	3.605	-3.605	10.785	-15.824	
39	40	63.903	179.550	63.488	399.680	-397.680	4.632	-4.632	10.898	-16.284	
	41	124.361	337.020	133.934	490.276	-296.715	3.616	-3.616	10.898	-16.284	
40	41	139.487	391.698	148.850	488.943	-338.942	4.536	-4.536	11.291	-17.297	
	42	201.846	549.160	219.292	583.630	-232.469	4.674	-4.674	11.291	-17.297	
41	42	217.278	604.464	234.458	596.118	-281.215	0.905	-0.905	12.156	-19.175	
	43	281.534	761.907	304.892	695.078	-175.391	8.481	-8.481	12.156	-19.175	
42	43	299.018	824.164	321.841	724.580	-214.086	10.199	-10.199	13.606	-22.108	
	44	373.080	981.621	392.281	828.619	-111.208	17.088	-17.088	13.606	-22.108	
43	44	319.634	852.216	366.794	825.048	-141.097	33.238	-33.238	12.103	-21.005	
	45	404.947	1,009.693	437.243	938.132	-60.772	40.048	-40.048	12.103	-21.005	
44	45	413.436	1,000.161	476.025	946.796	-139.346	113.907	-113.907	17.213	-29.599	
	46	517.734	1,157.651	546.480	1,070.567	-116.046	120.837	-120.837	17.213	-29.599	P1
45	46	-546.093	-1,206.605	-571.396	171.441	-1,146.421	121.527	-121.527	32.748	-23.907	P1
	47	-441.834	-1,049.174	-500.967	193.866	-1,024.396	114.539	-114.539	32.748	-23.907	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
46	47	-439.912	-1,070.808	-464.436	123.274	-1,020.413	41.785	-41.785	23.977	-20.420	
	48	-354.613	-913.358	-393.999	160.003	-908.096	34.797	-34.797	23.977	-20.420	
47	48	-404.436	-1,036.285	-417.463	140.004	-905.927	19.780	-19.780	24.842	-21.596	
	49	-330.126	-878.812	-347.015	203.214	-802.085	12.791	-12.791	24.842	-21.596	
48	49	-312.041	-815.529	-329.648	181.303	-771.200	10.480	-10.480	21.904	-20.068	
	50	-248.125	-658.074	-259.209	258.692	-671.997	2.518	-2.518	21.904	-20.068	
49	50	-233.293	-604.194	-244.948	221.140	-659.235	6.453	-6.453	20.016	-19.124	
	51	-170.206	-446.749	-174.513	307.756	-563.805	2.317	-2.317	20.016	-19.124	
50	51	-156.434	-395.580	-161.480	267.795	-564.333	4.751	-4.751	19.012	-18.652	
	52	-90.698	-238.109	-91.034	354.566	-472.852	3.541	-3.541	19.012	-18.652	
51	52	-75.845	-184.399	-77.324	326.224	-481.182	4.105	-4.105	18.573	-18.475	
	53	-7.470	-26.931	-6.879	410.079	-394.104	3.858	-3.858	18.573	-18.475	
52	53	7.392	26.754	6.837	394.035	-410.188	3.814	-3.814	18.469	-18.580	
	54	75.766	184.221	77.281	481.114	-326.285	4.150	-4.150	18.469	-18.580	
53	54	90.605	237.898	90.984	472.741	-354.753	3.423	-3.423	18.646	-19.023	
	55	156.328	395.337	161.416	564.184	-267.908	4.795	-4.795	18.646	-19.023	
54	55	170.089	446.479	174.437	563.652	-307.970	2.179	-2.179	19.115	-20.026	
	56	233.190	603.957	244.886	659.080	-221.210	6.509	-6.509	19.115	-20.026	
55	56	248.017	657.825	259.141	671.869	-258.947	2.581	-2.581	20.056	-21.915	
	57	311.933	815.280	329.580	771.040	-181.390	10.543	-10.543	20.056	-21.915	
56	57	329.977	878.471	346.917	801.915	-203.579	12.959	-12.959	21.568	-24.854	
	58	404.284	1,035.940	417.362	905.716	-140.113	19.948	-19.948	21.568	-24.854	
57	58	354.582	913.250	393.952	908.295	-160.451	34.905	-34.905	20.415	-23.988	
	59	439.881	1,070.700	464.389	1,020.599	-124.259	41.893	-41.893	20.415	-23.988	
58	59	443.690	1,052.882	501.849	1,029.332	-200.556	114.256	-114.256	24.433	-32.666	
	60	547.996	1,210.385	572.310	1,151.299	-178.225	121.247	-121.247	24.433	-32.666	P2
59	60	-515.690	-1,153.557	-545.428	121.246	-1,070.818	121.590	-121.590	29.718	-16.634	P2
	61	-411.434	-996.131	-475.002	144.419	-947.228	114.656	-114.656	29.718	-16.634	
60	61	-404.946	-1,009.761	-437.271	61.423	-938.197	40.468	-40.468	21.011	-12.102	
	62	-319.655	-852.324	-366.840	141.334	-825.144	33.637	-33.637	21.011	-12.102	
61	62	-373.190	-981.894	-392.362	111.409	-828.690	17.264	-17.264	22.105	-13.633	
	63	-299.128	-824.438	-321.922	214.347	-724.669	10.534	-10.534	22.105	-13.633	
62	63	-281.600	-762.075	-304.949	175.477	-695.122	8.628	-8.628	19.174	-12.171	
	64	-217.331	-604.600	-234.501	281.349	-596.166	1.019	-1.019	19.174	-12.171	
63	64	-201.897	-549.292	-219.334	232.492	-583.677	4.787	-4.787	17.297	-11.302	
	65	-139.538	-391.830	-148.891	338.978	-489.000	4.386	-4.386	17.297	-11.302	
64	65	-124.411	-337.149	-133.974	296.708	-490.329	3.693	-3.693	16.285	-10.907	
	66	-63.953	-179.679	-63.528	397.659	-399.736	4.588	-4.588	16.285	-10.907	
65	66	-48.286	-123.623	-48.142	365.603	-416.668	3.643	-3.643	15.826	-10.794	
	67	12.171	33.843	22.303	469.808	-330.017	3.669	-3.669	15.826	-10.794	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
66	67	27.709	89.669	37.461	440.710	-352.399	2.935	-2.935	15.663	-10.741	
	68	88.153	247.101	107.891	550.746	-269.192	4.276	-4.276	15.663	-10.741	
67	68	101.648	295.852	120.517	529.844	-281.481	1.388	-1.388	15.677	-10.471	
	69	162.103	453.314	190.960	654.665	-201.345	8.106	-8.106	15.677	-10.471	
68	69	168.684	489.870	196.779	662.249	-195.473	15.059	-15.059	15.880	-9.523	
	70	221.026	673.673	259.004	787.104	-146.721	20.404	-20.404	15.880	-9.523	A2

[TORSION MOMENT]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-105.883	-236.647	-210.522	619.815	-898.745	79.743	-79.743	11.426	-10.080	A1
	2	-105.883	-263.169	-105.306	559.068	-926.199	79.743	-79.743	11.426	-10.080	
2	2	-112.970	-295.532	-209.062	679.843	-1,045.816	89.347	-89.347	13.696	-14.364	
	3	-112.970	-319.214	-90.836	640.034	-1,083.218	89.347	-89.347	13.696	-14.364	
3	3	-72.562	-196.524	-141.691	601.145	-886.413	69.063	-69.063	11.590	-17.395	
	4	-72.562	-220.211	-23.440	555.914	-944.976	69.063	-69.063	11.590	-17.395	
4	4	-17.860	-58.490	-56.866	508.510	-639.758	36.463	-36.463	16.006	-20.405	
	5	-17.860	-82.175	61.374	438.734	-680.200	36.463	-36.463	16.006	-20.405	
5	5	32.270	67.054	27.202	502.323	-460.382	6.696	-6.696	23.596	-23.817	
	6	32.270	43.369	145.440	448.708	-568.524	6.696	-6.696	23.596	-23.817	
6	6	62.630	133.840	95.644	644.874	-519.502	35.737	-35.737	31.392	-27.231	
	7	62.630	110.157	213.872	605.374	-591.267	35.737	-35.737	31.392	-27.231	
7	7	60.953	105.954	138.957	855.315	-664.277	55.299	-55.299	38.256	-30.114	
	8	60.953	82.271	257.186	785.441	-725.474	55.299	-55.299	38.256	-30.114	
8	8	17.649	-48.361	150.797	1,017.803	-830.504	58.513	-58.513	43.094	-32.046	
	9	17.649	-72.046	269.039	966.861	-884.818	58.513	-58.513	43.094	-32.046	
9	9	112.244	163.833	235.584	1,089.935	-924.273	27.062	-27.062	25.990	-22.537	
	10	112.244	140.145	353.838	1,044.103	-954.035	27.062	-27.062	25.990	-22.537	
10	10	31.895	19.788	138.759	1,160.709	-1,230.237	85.035	-85.035	15.004	-14.668	
	11	31.895	-3.893	256.984	1,124.515	-1,236.466	85.035	-85.035	15.004	-14.668	P1
11	11	-191.322	-310.890	-383.748	1,149.891	-1,362.564	42.378	-42.378	10.617	-4.100	P1
	12	-191.322	-334.577	-265.497	1,143.688	-1,398.807	42.378	-42.378	10.617	-4.100	
12	12	-237.759	-390.864	-460.541	1,027.950	-1,351.022	96.159	-96.159	10.140	-15.202	
	13	-237.759	-414.547	-342.310	966.614	-1,396.897	96.159	-96.159	10.140	-15.202	
13	13	-134.261	-162.211	-365.970	945.055	-1,271.869	144.771	-144.771	12.738	-33.431	
	14	-134.261	-185.897	-247.726	892.219	-1,317.797	144.771	-144.771	12.738	-33.431	
14	14	-164.081	-294.594	-343.120	807.591	-1,153.441	136.671	-136.671	10.840	-30.031	
	15	-164.081	-318.278	-224.883	751.815	-1,202.367	136.671	-136.671	10.840	-30.031	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
15	15	-151.070	-300.274	-288.318	695.852	-954.351	107.256	-107.256	9.232	-24.635	
	16	-151.070	-323.958	-170.079	633.687	-998.813	107.256	-107.256	9.232	-24.635	
16	16	-103.728	-210.711	-207.212	625.196	-805.495	67.459	-67.459	9.217	-18.974	
	17	-103.728	-234.392	-88.988	551.200	-837.883	67.459	-67.459	9.217	-18.974	
17	17	-37.144	-69.112	-110.586	588.531	-669.524	23.154	-23.154	10.893	-14.217	
	18	-37.144	-92.797	7.653	539.970	-693.645	23.154	-23.154	10.893	-14.217	
18	18	37.488	93.627	-7.449	693.766	-539.836	22.611	-22.611	14.272	-10.817	
	19	37.488	69.942	110.791	669.678	-588.178	22.611	-22.611	14.272	-10.817	
19	19	104.061	235.165	89.139	837.961	-550.885	66.908	-66.908	19.008	-9.117	
	20	104.061	211.478	207.386	805.578	-624.904	66.908	-66.908	19.008	-9.117	
20	20	151.505	324.932	170.294	998.936	-633.472	106.680	-106.680	24.665	-9.104	
	21	151.505	301.247	288.533	954.822	-695.650	106.680	-106.680	24.665	-9.104	
21	21	164.629	319.468	225.139	1,203.462	-751.676	136.125	-136.125	30.062	-10.938	
	22	164.629	295.784	343.376	1,154.569	-807.383	136.125	-136.125	30.062	-10.938	
22	22	134.982	187.397	248.057	1,320.695	-892.611	144.411	-144.411	33.475	-12.789	
	23	134.982	163.712	366.300	1,274.767	-945.098	144.411	-144.411	33.475	-12.789	
23	23	238.234	415.429	342.563	1,401.022	-968.137	96.164	-96.164	15.215	-10.459	
	24	238.234	391.746	460.794	1,355.140	-1,029.014	96.164	-96.164	15.215	-10.459	
24	24	186.276	323.788	262.961	1,388.137	-1,141.112	42.238	-42.238	5.035	-10.714	
	25	186.276	300.106	381.189	1,351.900	-1,147.313	42.238	-42.238	5.035	-10.714	P2
25	25	-36.432	-5.630	-259.008	1,231.264	-1,118.405	85.183	-85.183	16.350	-15.270	P2
	26	-36.432	-29.317	-140.760	1,225.040	-1,154.612	85.183	-85.183	16.350	-15.270	
26	26	-111.959	-139.818	-353.760	955.416	-1,048.443	26.778	-26.778	22.690	-25.929	
	27	-111.959	-163.501	-235.529	928.105	-1,094.278	26.778	-26.778	22.690	-25.929	
27	27	-17.006	73.304	-268.805	885.660	-969.888	58.413	-58.413	32.002	-43.064	
	28	-17.006	49.619	-150.562	831.766	-1,020.818	58.413	-58.413	32.002	-43.064	
28	28	-60.460	-81.254	-257.026	726.077	-787.101	55.313	-55.313	30.005	-38.237	
	29	-60.460	-104.937	-138.797	665.005	-856.876	55.313	-55.313	30.005	-38.237	
29	29	-62.293	-109.511	-213.811	591.757	-606.357	35.824	-35.824	27.095	-31.407	
	30	-62.293	-133.198	-95.561	520.129	-645.954	35.824	-35.824	27.095	-31.407	
30	30	-31.988	-42.778	-145.315	568.191	-448.862	6.808	-6.808	23.661	-23.591	
	31	-31.988	-66.462	-27.077	460.049	-502.504	6.808	-6.808	23.661	-23.591	
31	31	18.047	82.573	-61.289	680.449	-439.051	36.342	-36.342	20.258	-16.003	
	32	18.047	58.888	56.951	640.102	-508.834	36.342	-36.342	20.258	-16.003	
32	32	72.840	220.949	23.676	946.217	-556.155	69.043	-69.043	17.255	-11.576	
	33	72.840	197.266	141.906	887.722	-601.253	69.043	-69.043	17.255	-11.576	
33	33	112.950	319.145	90.712	1,083.933	-640.571	89.449	-89.449	14.257	-13.684	
	34	112.950	295.459	208.959	1,046.700	-680.345	89.449	-89.449	14.257	-13.684	
34	34	106.011	263.511	105.406	927.461	-559.537	79.927	-79.927	10.001	-11.436	
	35	106.011	236.995	210.601	900.010	-620.213	79.927	-79.927	10.001	-11.436	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
35	36	-104.672	-360.886	-30.058	635.251	-990.095	32.504	-32.504	11.554	-10.264	A1
	37	-104.672	-335.895	-129.383	673.592	-937.491	32.504	-32.504	11.554	-10.264	
36	37	-101.997	-319.135	-38.251	735.268	-1,162.936	37.667	-37.667	14.360	-14.789	
	38	-101.997	-296.597	-150.768	804.192	-1,109.083	37.667	-37.667	14.360	-14.789	
37	38	-49.956	-161.540	-5.316	641.596	-1,007.357	32.458	-32.458	12.873	-17.797	
	39	-49.956	-138.997	-117.854	716.572	-953.456	32.458	-32.458	12.873	-17.797	
38	39	21.312	54.356	50.113	543.807	-717.159	13.285	-13.285	14.751	-20.567	
	40	21.312	76.897	-62.417	609.382	-653.043	13.285	-13.285	14.751	-20.567	
39	40	92.467	272.219	103.833	613.076	-511.428	10.062	-10.062	21.036	-23.332	
	41	92.467	294.761	-8.701	677.396	-425.555	10.062	-10.062	21.036	-23.332	
40	41	151.748	461.787	140.150	787.645	-379.627	30.435	-30.435	27.081	-25.821	
	42	151.748	484.328	27.623	875.567	-332.658	30.435	-30.435	27.081	-25.821	
41	42	192.474	606.150	147.687	1,093.658	-465.449	41.063	-41.063	31.650	-27.499	
	43	192.474	628.688	35.173	1,157.459	-410.859	41.063	-41.063	31.650	-27.499	
42	43	212.634	708.232	118.504	1,394.362	-545.633	35.174	-35.174	34.115	-28.198	
	44	212.634	730.772	5.981	1,459.494	-500.591	35.174	-35.174	34.115	-28.198	
43	44	12.681	224.643	-66.261	1,625.535	-920.165	61.358	-61.358	46.376	-33.908	
	45	12.681	247.186	-178.800	1,697.873	-855.025	61.358	-61.358	46.376	-33.908	
44	45	-79.315	-69.820	-146.569	1,560.958	-1,285.883	297.386	-297.386	33.192	-27.476	
	46	-79.315	-47.275	-259.117	1,638.194	-1,217.938	297.386	-297.386	33.192	-27.476	P1
45	46	-56.869	-219.953	140.137	1,080.991	-1,801.840	194.781	-194.781	9.922	-19.632	P1
	47	-56.869	-197.417	27.631	1,149.569	-1,724.059	194.781	-194.781	9.922	-19.632	
46	47	-155.833	-526.426	61.822	799.701	-1,928.716	65.567	-65.567	12.969	-34.053	
	48	-155.833	-503.887	-50.697	857.001	-1,855.857	65.567	-65.567	12.969	-34.053	
47	48	-332.594	-967.700	-107.109	647.094	-1,822.562	91.843	-91.843	11.130	-23.477	
	49	-332.594	-945.157	-219.645	688.319	-1,757.211	91.843	-91.843	11.130	-23.477	
48	49	-294.132	-832.282	-122.677	598.610	-1,571.105	95.389	-95.389	10.765	-22.226	
	50	-294.132	-809.742	-235.199	649.210	-1,507.357	95.389	-95.389	10.765	-22.226	
49	50	-234.166	-652.706	-102.723	536.205	-1,289.068	80.831	-80.831	9.946	-19.267	
	51	-234.166	-630.168	-215.238	583.596	-1,225.498	80.831	-80.831	9.946	-19.267	
50	51	-152.603	-423.881	-53.406	505.175	-1,050.090	52.887	-52.887	8.456	-15.127	
	52	-152.603	-401.340	-165.939	544.876	-986.628	52.887	-52.887	8.456	-15.127	
51	52	-52.966	-153.565	17.183	591.996	-842.005	18.611	-18.611	7.973	-11.132	
	53	-52.966	-131.024	-95.349	656.065	-778.527	18.611	-18.611	7.973	-11.132	
52	53	52.316	129.593	94.706	777.340	-657.005	17.769	-17.769	11.070	-8.039	
	54	52.316	152.134	-17.825	840.769	-592.893	17.769	-17.769	11.070	-8.039	
53	54	152.946	402.379	166.408	986.370	-544.316	51.993	-51.993	15.144	-8.423	
	55	152.946	424.916	53.897	1,049.834	-504.897	51.993	-51.993	15.144	-8.423	
54	55	233.949	629.840	215.148	1,223.194	-583.041	79.951	-79.951	19.211	-9.911	

54	56	233.949	652.383	102.609	1,286.763	-535.564	79.951	-79.951	19.211	-9.911	
55	56	293.795	809.169	235.027	1,505.066	-648.632	94.565	-94.565	22.169	-10.767	
	57	293.795	831.708	122.505	1,568.798	-597.942	94.565	-94.565	22.169	-10.767	
56	57	332.013	944.133	219.379	1,754.431	-688.789	91.611	-91.611	23.307	-11.200	
	58	332.013	966.675	106.847	1,819.745	-647.301	91.611	-91.611	23.307	-11.200	
57	58	154.809	501.571	50.068	1,854.381	-856.869	65.553	-65.553	33.987	-13.226	
	59	154.809	524.110	-62.451	1,927.227	-801.024	65.553	-65.553	33.987	-13.226	
58	59	59.927	202.993	-26.450	1,741.619	-1,165.779	193.260	-193.260	19.870	-8.942	
	60	59.927	225.540	-139.006	1,819.274	-1,097.389	193.260	-193.260	19.870	-8.942	P2
59	60	82.683	53.576	260.722	1,239.197	-1,657.617	299.219	-299.219	26.750	-32.861	P2
	61	82.683	76.111	148.221	1,306.923	-1,580.547	299.219	-299.219	26.750	-32.861	
60	61	-13.174	-248.199	178.792	856.012	-1,698.776	61.961	-61.961	34.402	-46.499	
	62	-13.174	-225.662	66.281	921.223	-1,626.456	61.961	-61.961	34.402	-46.499	
61	62	-213.354	-732.344	-6.308	500.680	-1,458.640	35.117	-35.117	28.493	-34.148	
	63	-213.354	-709.804	-118.831	545.844	-1,393.539	35.117	-35.117	28.493	-34.148	
62	63	-192.798	-629.357	-35.331	410.463	-1,156.826	41.103	-41.103	27.630	-31.698	
	64	-192.798	-606.814	-147.867	465.061	-1,093.034	41.103	-41.103	27.630	-31.698	
63	64	-151.905	-484.614	-27.693	333.183	-874.844	30.545	-30.545	25.829	-27.093	
	65	-151.905	-462.073	-140.221	380.164	-786.923	30.545	-30.545	25.829	-27.093	
64	65	-92.540	-294.875	8.690	426.353	-677.616	10.192	-10.192	23.271	-21.041	
	66	-92.540	-272.333	-103.843	512.229	-613.297	10.192	-10.192	23.271	-21.041	
65	66	-21.334	-76.899	62.457	653.885	-609.962	13.178	-13.178	20.465	-14.750	
	67	-21.334	-54.358	-50.073	717.941	-544.378	13.178	-13.178	20.465	-14.750	
66	67	49.789	138.544	117.734	953.704	-717.174	32.417	-32.417	17.682	-12.835	
	68	49.789	161.081	5.227	1,007.588	-642.164	32.417	-32.417	17.682	-12.835	
67	68	102.240	297.272	151.208	1,109.688	-803.961	37.678	-37.678	14.638	-14.323	
	69	102.240	319.813	38.681	1,163.556	-735.122	37.678	-37.678	14.638	-14.323	
68	69	104.665	335.846	129.573	936.781	-673.343	32.316	-32.316	10.124	-11.469	
	70	104.665	360.856	30.174	989.438	-634.932	32.316	-32.316	10.124	-11.469	A2

4) 활하중 부재력 집계 및 피로하중 작용범위 산정

[DB 하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	12.458	-8.091	121.226	-824.764	20.549	945.990	A1
	2	3,125.167	-541.430	129.124	-702.796	3,666.597	831.920	
2	2	3,133.866	-546.635	129.124	-702.796	3,680.501	831.920	
	3	5,256.667	-1,084.193	244.422	-545.270	6,340.860	789.692	
3	3	5,266.958	-1,090.088	244.422	-549.463	6,357.046	793.885	
	4	6,418.112	-1,609.768	335.783	-438.387	8,027.880	774.169	
4	4	6,425.169	-1,614.711	335.783	-463.306	8,039.880	799.089	
	5	6,822.761	-2,136.299	407.858	-359.176	8,959.060	767.035	
5	5	6,825.711	-2,139.639	407.858	-390.721	8,965.350	798.579	
	6	6,620.713	-2,670.464	475.451	-290.798	9,291.177	766.249	
6	6	6,620.713	-2,671.551	475.451	-331.933	9,292.264	807.384	
	7	5,906.201	-3,216.522	554.079	-227.328	9,122.723	781.407	
7	7	5,906.201	-3,216.522	554.079	-274.529	9,122.723	828.608	
	8	4,720.539	-3,781.464	632.502	-170.515	8,502.003	803.017	
8	8	4,720.539	-3,781.464	632.502	-210.383	8,502.003	842.884	
	9	3,158.292	-4,385.101	709.638	-110.043	7,543.393	819.681	
9	9	3,158.292	-4,385.101	709.638	-140.710	7,543.393	850.347	
	10	1,360.439	-4,872.094	783.825	-56.981	6,232.533	840.806	
10	10	1,360.439	-4,872.094	783.825	-133.601	6,232.533	917.426	
	11	1,261.533	-5,446.588	813.611	-102.552	6,708.121	916.162	P1
11	11	1,261.533	-5,446.588	813.611	-816.961	6,708.121	1,630.571	P1
	12	1,125.361	-3,570.089	132.394	-714.324	4,695.450	846.718	
12	12	1,129.236	-3,582.378	132.394	-794.141	4,711.614	926.535	
	13	2,615.760	-3,160.480	146.453	-697.835	5,776.240	844.288	
13	13	2,621.206	-3,168.564	146.453	-737.513	5,789.770	883.965	
	14	4,033.011	-2,709.678	204.089	-647.112	6,742.689	851.201	
14	14	4,039.984	-2,714.641	204.089	-672.924	6,754.625	877.013	
	15	5,273.150	-2,307.183	255.923	-581.193	7,580.333	837.116	
15	15	5,281.856	-2,309.167	255.923	-610.713	7,591.023	866.636	
	16	6,275.592	-1,930.362	303.988	-516.643	8,205.954	820.630	
16	16	6,282.258	-1,930.362	303.988	-546.805	8,212.620	850.793	
	17	6,926.522	-1,564.123	352.657	-450.809	8,490.645	803.466	
17	17	6,930.563	-1,564.123	352.657	-479.715	8,494.686	832.372	
	18	7,137.316	-1,199.593	413.465	-383.112	8,336.909	796.577	
18	18	7,137.316	-1,200.212	413.465	-413.729	8,337.528	827.194	
	19	6,932.184	-1,564.118	479.419	-317.688	8,496.302	797.107	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
19	19	6,932.184	-1,565.666	479.419	-352.866	8,497.850	832.285	
	20	6,284.904	-1,932.753	546.524	-256.581	8,217.657	803.105	
20	20	6,284.904	-1,932.753	546.524	-304.204	8,217.657	850.728	
	21	5,285.476	-2,312.731	610.418	-209.139	7,598.207	819.556	
21	21	5,285.476	-2,312.731	610.418	-256.214	7,598.207	866.632	
	22	4,044.247	-2,719.546	672.578	-163.946	6,763.793	836.524	
22	22	4,044.247	-2,719.546	672.578	-204.457	6,763.793	877.035	
	23	2,626.191	-3,175.677	737.025	-117.152	5,801.868	854.177	
23	23	2,626.191	-3,175.677	737.025	-146.837	5,801.868	883.862	
	24	1,130.453	-3,590.859	793.914	-74.513	4,721.312	868.427	
24	24	1,130.453	-3,590.859	793.914	-136.413	4,721.312	930.327	
	25	1,251.054	-5,407.900	819.975	-109.510	6,658.954	929.485	P2
25	25	1,254.493	-5,427.036	819.975	-816.435	6,681.529	1,636.410	P2
	26	1,355.546	-4,865.614	137.721	-712.964	6,221.160	850.685	
26	26	1,365.126	-4,879.344	137.721	-783.526	6,244.470	921.246	
	27	3,157.869	-4,382.184	141.133	-684.828	7,540.053	825.960	
27	27	3,164.050	-4,391.483	141.133	-709.197	7,555.533	850.329	
	28	4,717.620	-3,780.358	210.832	-614.149	8,497.978	824.980	
28	28	4,725.186	-3,786.169	210.832	-632.234	8,511.355	843.065	
	29	5,904.291	-3,218.219	274.805	-534.124	9,122.510	808.929	
29	29	5,910.121	-3,220.324	274.805	-553.896	9,130.445	828.701	
	30	6,621.047	-2,674.247	332.126	-452.111	9,295.294	784.237	
30	30	6,623.909	-2,674.247	332.126	-475.305	9,298.156	807.432	
	31	6,828.081	-2,141.837	390.903	-370.082	8,969.918	760.985	
31	31	6,828.081	-2,141.837	390.903	-407.779	8,969.918	798.682	
	32	6,426.812	-1,616.482	463.454	-295.860	8,043.294	759.314	
32	32	6,426.812	-1,616.482	463.454	-335.714	8,043.294	799.168	
	33	5,268.113	-1,091.501	549.576	-206.822	6,359.614	756.398	
33	33	5,268.113	-1,091.501	549.576	-244.503	6,359.614	794.079	
	34	3,134.061	-547.332	670.654	-113.750	3,681.393	784.404	
34	34	3,134.061	-547.332	702.976	-129.189	3,681.393	832.166	
	35	12.344	-8.199	824.885	-121.497	20.543	946.382	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
35	36	13.626	-8.758	92.204	-784.100	22.384	876.304	A1
	37	2,751.930	-389.012	116.608	-655.597	3,140.942	772.205	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
36	37	2,753.802	-393.786	116.608	-655.597	3,147.588	772.205	
	38	4,660.947	-896.177	241.044	-529.947	5,557.124	770.992	
37	38	4,662.438	-901.683	241.044	-550.800	5,564.121	791.844	
	39	5,764.449	-1,421.343	324.332	-440.721	7,185.792	765.053	
38	39	5,765.796	-1,426.104	324.332	-469.835	7,191.900	794.167	
	40	6,199.231	-1,943.892	391.697	-365.618	8,143.123	757.314	
39	40	6,199.231	-1,946.992	391.697	-397.680	8,146.223	789.377	
	41	6,074.968	-2,456.271	455.799	-296.715	8,531.239	752.514	
40	41	6,074.968	-2,457.205	455.799	-338.942	8,532.173	794.741	
	42	5,470.589	-2,954.752	532.696	-232.469	8,425.341	765.166	
41	42	5,470.589	-2,954.752	532.696	-281.215	8,425.341	813.911	
	43	4,410.325	-3,440.853	610.701	-175.391	7,851.178	786.091	
42	43	4,410.325	-3,440.853	610.701	-214.086	7,851.178	824.786	
	44	2,959.125	-4,057.369	692.183	-111.208	7,016.494	803.391	
43	44	2,959.125	-4,057.369	692.183	-141.097	7,016.494	833.280	
	45	1,314.309	-4,602.032	774.173	-50.011	5,916.341	824.183	
44	45	1,315.199	-4,602.032	774.173	-118.568	5,917.231	892.741	
	46	1,217.997	-5,336.489	810.332	-88.090	6,554.486	898.422	P1
45	46	1,217.997	-5,336.489	810.332	-827.222	6,554.486	1,637.554	P1
	47	1,061.257	-3,313.098	129.402	-730.896	4,374.355	860.298	
46	47	1,061.257	-3,317.744	129.402	-795.692	4,379.001	925.093	
	48	2,427.604	-2,908.535	145.000	-700.836	5,336.139	845.836	
47	48	2,434.172	-2,912.427	145.000	-727.780	5,346.599	872.780	
	49	3,799.704	-2,470.728	203.214	-636.532	6,270.432	839.745	
48	49	3,805.448	-2,473.328	203.214	-655.399	6,278.776	858.613	
	50	4,963.724	-2,119.020	258.692	-562.220	7,082.744	820.912	
49	50	4,968.925	-2,121.416	258.692	-591.577	7,090.341	850.268	
	51	5,862.289	-1,797.200	307.756	-496.498	7,659.489	804.254	
50	51	5,866.467	-1,797.415	307.756	-530.975	7,663.882	838.731	
	52	6,432.246	-1,462.609	354.566	-434.633	7,894.855	789.199	
51	52	6,434.154	-1,462.609	354.566	-470.004	7,896.763	824.570	
	53	6,612.285	-1,121.685	410.079	-373.435	7,733.970	783.514	
52	53	6,612.490	-1,122.609	410.079	-410.188	7,735.099	820.267	
	54	6,434.885	-1,462.270	469.901	-314.082	7,897.155	783.984	
53	54	6,434.885	-1,464.117	469.901	-354.753	7,899.002	824.654	
	55	5,868.701	-1,798.889	530.778	-258.120	7,667.590	788.898	
54	55	5,868.701	-1,799.062	530.778	-307.970	7,667.763	838.747	
	56	4,972.232	-2,123.124	591.387	-211.663	7,095.356	803.050	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
55	56	4,972.232	-2,123.124	591.387	-258.947	7,095.356	850.334	
	57	3,809.690	-2,476.485	655.183	-165.291	6,286.175	820.474	
56	57	3,809.690	-2,476.485	655.183	-203.579	6,286.175	858.762	
	58	2,438.766	-2,916.935	727.460	-116.551	5,355.701	844.012	
57	58	2,438.766	-2,916.935	727.460	-145.382	5,355.701	872.843	
	59	1,059.493	-3,322.817	795.580	-73.081	4,382.310	868.661	
58	59	1,063.365	-3,322.817	795.580	-133.970	4,386.182	929.550	
	60	1,205.485	-5,311.357	830.345	-110.860	6,516.842	941.206	P2
59	60	1,208.853	-5,315.445	830.345	-813.499	6,524.298	1,643.844	P2
	61	1,318.337	-4,601.093	123.011	-711.659	5,919.430	834.670	
60	61	1,318.337	-4,607.074	123.011	-774.222	5,925.411	897.233	
	62	2,954.174	-4,057.838	141.334	-674.361	7,012.012	815.695	
61	62	2,962.460	-4,062.460	141.334	-692.035	7,024.920	833.369	
	63	4,406.250	-3,442.209	214.347	-594.837	7,848.459	809.184	
62	63	4,412.944	-3,444.600	214.347	-610.645	7,857.544	824.992	
	64	5,467.789	-2,955.718	281.349	-510.653	8,423.507	792.002	
63	64	5,472.790	-2,957.059	281.349	-532.674	8,429.849	814.022	
	65	6,074.343	-2,459.652	338.978	-429.893	8,533.995	768.872	
64	65	6,076.711	-2,459.652	338.978	-455.802	8,536.363	794.780	
	66	6,200.559	-1,948.985	397.659	-350.466	8,149.544	748.125	
65	66	6,200.673	-1,948.985	397.659	-391.723	8,149.658	789.383	
	67	5,767.154	-1,427.561	469.808	-282.387	7,194.715	752.195	
66	67	5,767.154	-1,427.561	469.808	-324.368	7,194.715	794.176	
	68	4,663.896	-902.757	550.746	-199.832	5,566.653	750.578	
67	68	4,663.896	-902.757	550.746	-241.143	5,566.653	791.889	
	69	2,755.513	-394.414	654.665	-110.904	3,149.927	765.569	
68	69	2,755.513	-394.414	655.466	-116.600	3,149.927	772.066	
	70	13.956	-8.846	784.045	-92.110	22.801	876.155	A2

[DL 하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	13.130	-10.062	193.605	-869.727	23.192	1,063.332	A1
	2	3,064.977	-810.644	233.066	-743.680	3,875.621	976.746	
2	2	3,081.502	-817.818	233.066	-743.680	3,899.320	976.746	
	3	5,328.584	-1,615.034	290.742	-550.725	6,943.618	841.467	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
3	3	5,346.788	-1,623.468	290.742	-550.725	6,970.256	841.467	
	4	6,694.518	-2,456.255	361.419	-425.571	9,150.773	786.989	
4	4	6,707.798	-2,464.168	361.419	-425.872	9,171.966	787.291	
	5	7,325.878	-3,333.662	433.092	-334.089	10,659.540	767.181	
5	5	7,331.693	-3,339.296	433.092	-346.727	10,670.989	779.819	
	6	7,279.658	-4,240.231	514.886	-261.864	11,519.889	776.751	
6	6	7,279.658	-4,242.268	514.886	-279.969	11,521.926	794.856	
	7	6,575.844	-5,115.525	612.578	-201.678	11,691.369	814.256	
7	7	6,575.844	-5,115.525	623.566	-227.384	11,691.369	850.949	
	8	5,215.329	-6,067.328	725.502	-151.413	11,282.657	876.915	
8	8	5,215.329	-6,067.328	747.275	-173.845	11,282.657	921.121	
	9	3,405.376	-7,310.363	854.264	-103.526	10,715.739	957.790	
9	9	3,405.376	-7,310.363	854.264	-115.396	10,715.739	969.659	
	10	1,970.447	-9,539.454	950.643	-70.015	11,509.901	1,020.658	
10	10	1,970.447	-9,539.454	950.643	-151.521	11,509.901	1,102.165	
	11	1,499.413	-12,908.429	1,047.959	-128.310	14,407.842	1,176.269	P1
11	11	1,499.413	-12,908.429	1,047.959	-1,098.454	14,407.842	2,146.413	P1
	12	1,617.858	-8,859.730	174.347	-971.463	10,477.588	1,145.810	
12	12	1,617.858	-8,859.730	174.347	-1,023.024	10,477.588	1,197.371	
	13	2,447.601	-5,954.069	159.879	-907.149	8,401.670	1,067.028	
13	13	2,448.149	-5,954.069	159.879	-932.738	8,402.218	1,092.617	
	14	3,620.811	-3,902.932	204.261	-825.884	7,523.743	1,030.145	
14	14	3,628.061	-3,902.932	204.261	-825.884	7,530.993	1,030.145	
	15	5,214.206	-3,090.056	253.910	-704.680	8,304.262	958.590	
15	15	5,233.053	-3,096.720	253.910	-704.680	8,329.773	958.590	
	16	6,803.653	-2,939.156	300.267	-594.957	9,742.809	895.223	
16	16	6,817.594	-2,942.642	300.267	-594.957	9,760.236	895.223	
	17	7,776.831	-2,834.860	353.439	-497.203	10,611.691	850.642	
17	17	7,784.046	-2,836.824	353.439	-499.942	10,620.870	853.381	
	18	8,104.356	-2,838.398	420.980	-410.581	10,942.754	831.562	
18	18	8,104.356	-2,838.398	420.980	-421.097	10,942.754	842.077	
	19	7,786.267	-2,838.682	499.760	-336.880	10,624.949	836.640	
19	19	7,786.267	-2,838.682	499.760	-353.496	10,624.949	853.256	
	20	6,821.398	-2,946.349	591.219	-274.806	9,767.747	866.025	
20	20	6,821.398	-2,946.349	594.796	-300.305	9,767.747	895.101	
	21	5,238.663	-3,102.298	693.099	-227.391	8,340.961	920.490	
21	21	5,238.663	-3,102.298	704.506	-253.964	8,340.961	958.470	
	22	3,631.930	-3,903.050	806.562	-187.406	7,534.980	993.968	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
22	22	3,631.930	-3,906.767	825.658	-204.332	7,538.697	1,029.990	
	23	2,450.085	-5,949.683	932.479	-144.868	8,399.768	1,077.347	
23	23	2,450.085	-5,956.541	932.479	-160.209	8,406.626	1,092.688	
	24	1,614.590	-8,846.903	1,023.126	-117.850	10,461.493	1,140.976	
24	24	1,617.482	-8,858.643	1,023.126	-180.199	10,476.125	1,203.325	
	25	1,486.492	-12,875.544	1,103.656	-157.298	14,362.036	1,260.954	P2
25	25	1,490.596	-12,891.723	1,103.656	-1,048.176	14,382.319	2,151.832	P2
	26	1,970.480	-9,534.140	155.823	-920.944	11,504.620	1,076.767	
26	26	1,973.199	-9,543.337	155.823	-950.605	11,516.536	1,106.428	
	27	3,404.974	-7,311.155	115.683	-834.430	10,716.129	950.113	
27	27	3,410.978	-7,317.444	115.683	-854.241	10,728.422	969.925	
	28	5,207.601	-6,065.066	174.185	-747.296	11,272.667	921.481	
28	28	5,221.314	-6,074.507	174.185	-747.296	11,295.821	921.481	
	29	6,571.369	-5,118.070	227.609	-623.624	11,689.439	851.233	
29	29	6,580.631	-5,121.285	227.609	-623.624	11,701.916	851.233	
	30	7,281.106	-4,246.398	280.140	-514.907	11,527.504	795.047	
30	30	7,283.593	-4,246.398	280.140	-514.949	11,529.991	795.089	
	31	7,334.623	-3,342.549	346.905	-421.232	10,677.172	768.138	
31	31	7,334.623	-3,342.549	346.905	-433.194	10,677.172	780.100	
	32	6,710.175	-2,466.780	426.035	-343.334	9,176.955	769.369	
32	32	6,710.175	-2,466.780	426.035	-361.532	9,176.955	787.566	
	33	5,348.747	-1,625.617	527.131	-275.392	6,974.364	802.523	
33	33	5,348.747	-1,625.617	550.926	-290.972	6,974.364	841.897	
	34	3,082.343	-818.906	669.934	-209.894	3,901.249	879.829	
34	34	3,082.343	-818.906	744.069	-233.416	3,901.249	977.485	
	35	12.890	-9.684	870.077	-194.065	22.575	1,064.142	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
35	36	14.381	-9.574	146.927	-787.154	23.955	934.081	A1
	37	2,553.833	-625.768	195.443	-662.364	3,179.601	857.806	
36	37	2,555.580	-637.354	201.275	-662.364	3,192.934	863.638	
	38	4,572.576	-1,438.315	281.398	-528.438	6,010.891	809.837	
37	38	4,573.682	-1,450.236	281.398	-528.438	6,023.918	809.837	
	39	5,857.381	-2,273.479	352.338	-425.280	8,130.860	777.619	
38	39	5,857.381	-2,283.243	352.338	-428.318	8,140.624	780.656	
	40	6,497.890	-3,099.867	416.612	-337.501	9,597.757	754.113	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
39	40	6,497.890	-3,106.424	416.612	-349.028	9,604.314	765.640	
	41	6,524.122	-3,945.774	490.276	-264.439	10,469.896	754.715	
40	41	6,524.122	-3,948.587	490.276	-282.395	10,472.709	772.671	
	42	5,953.524	-4,733.645	583.630	-204.089	10,687.169	787.719	
41	42	5,953.524	-4,733.645	596.118	-229.526	10,687.169	825.644	
	43	4,788.883	-5,478.642	695.078	-154.757	10,267.525	849.835	
42	43	4,788.883	-5,478.642	724.580	-175.432	10,267.525	900.012	
	44	3,137.433	-6,307.025	828.619	-106.488	9,444.458	935.106	
43	44	3,137.433	-6,307.025	828.619	-117.563	9,444.458	946.181	
	45	1,815.951	-8,543.998	938.132	-60.772	10,359.949	998.904	
44	45	1,815.951	-8,543.998	946.796	-139.346	10,359.949	1,086.142	
	46	1,441.584	-12,141.880	1,070.567	-116.046	13,583.464	1,186.613	P1
45	46	1,441.584	-12,141.880	1,070.567	-1,146.421	13,583.464	2,216.988	P1
	47	1,444.825	-8,015.411	193.866	-1,024.396	9,460.236	1,218.262	
46	47	1,445.271	-8,015.411	193.866	-1,024.396	9,460.682	1,218.262	
	48	2,206.659	-5,130.817	160.003	-908.096	7,337.476	1,068.099	
47	48	2,210.141	-5,131.397	160.003	-908.096	7,341.538	1,068.099	
	49	3,355.734	-3,353.587	199.161	-802.085	6,709.321	1,001.245	
48	49	3,360.726	-3,353.587	199.161	-802.085	6,714.313	1,001.245	
	50	4,901.558	-2,852.686	248.011	-671.997	7,754.244	920.008	
49	50	4,908.543	-2,860.634	248.011	-671.997	7,769.177	920.008	
	51	6,283.571	-2,796.030	293.958	-563.805	9,079.601	857.763	
50	51	6,288.302	-2,800.779	293.958	-564.333	9,089.081	858.291	
	52	7,119.561	-2,722.862	345.711	-472.852	9,842.423	818.562	
51	52	7,122.100	-2,724.791	345.711	-481.182	9,846.891	826.893	
	53	7,398.781	-2,656.672	408.824	-394.104	10,055.453	802.928	
52	53	7,399.069	-2,657.090	408.824	-408.903	10,056.159	817.728	
	54	7,123.254	-2,725.719	481.114	-326.285	9,848.973	807.399	
53	54	7,123.254	-2,725.719	481.114	-345.823	9,848.973	826.937	
	55	6,291.491	-2,802.717	564.184	-267.908	9,094.208	832.092	
54	55	6,291.491	-2,802.717	564.184	-294.065	9,094.208	858.248	
	56	4,913.313	-2,863.332	659.080	-221.210	7,776.645	880.290	
55	56	4,913.313	-2,863.332	671.869	-248.129	7,776.645	919.998	
	57	3,364.768	-3,351.567	771.040	-181.390	6,716.335	952.430	
56	57	3,364.768	-3,354.199	801.915	-199.326	6,718.967	1,001.241	
	58	2,212.413	-5,130.282	905.716	-140.113	7,342.695	1,045.830	
57	58	2,212.413	-5,130.282	908.295	-160.451	7,342.695	1,068.746	
	59	1,445.944	-8,010.944	1,020.599	-124.259	9,456.888	1,144.858	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
58	59	1,445.944	-8,011.857	1,029.332	-200.556	9,457.801	1,229.888	
	60	1,426.870	-12,120.884	1,151.299	-178.225	13,547.754	1,329.524	P2
59	60	1,430.922	-12,125.549	1,151.299	-1,070.818	13,556.471	2,222.117	P2
	61	1,809.456	-8,539.156	144.419	-947.228	10,348.612	1,091.647	
60	61	1,816.840	-8,545.936	144.419	-947.228	10,362.776	1,091.647	
	62	3,127.265	-6,303.052	117.663	-825.144	9,430.317	942.807	
61	62	3,140.196	-6,312.154	117.663	-828.690	9,452.350	946.353	
	63	4,783.780	-5,474.899	175.607	-724.669	10,258.679	900.276	
62	63	4,791.902	-5,481.859	175.607	-724.669	10,273.761	900.276	
	64	5,950.969	-4,735.656	229.621	-596.166	10,686.625	825.787	
63	64	5,956.155	-4,736.854	229.621	-596.166	10,693.009	825.787	
	65	6,523.420	-3,952.233	282.388	-489.000	10,475.653	771.388	
64	65	6,526.307	-3,952.233	282.388	-490.329	10,478.540	772.717	
	66	6,498.530	-3,109.357	349.002	-399.736	9,607.887	748.739	
65	66	6,499.700	-3,109.357	349.002	-416.668	9,609.057	765.670	
	67	5,859.073	-2,285.366	428.303	-330.017	8,144.439	758.320	
66	67	5,859.073	-2,285.366	428.303	-352.399	8,144.439	780.701	
	68	4,575.873	-1,451.821	524.660	-269.192	6,027.694	793.851	
67	68	4,575.873	-1,451.821	528.347	-281.481	6,027.694	809.828	
	69	2,557.761	-638.224	644.337	-201.345	3,195.985	845.682	
68	69	2,557.761	-638.224	662.249	-201.345	3,195.985	863.594	
	70	15.042	-10.019	787.104	-146.721	25.061	933.825	A2

[풍하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	1.475	-1.475	18.853	-18.853	2.950	37.707	A1
	2	72.949	-72.949	13.305	-13.305	145.898	26.610	
2	2	75.400	-75.400	13.305	-13.305	150.799	26.610	
	3	87.971	-87.971	0.673	-0.673	175.943	1.346	
3	3	90.350	-90.350	2.944	-2.944	180.700	5.888	
	4	83.663	-83.663	5.055	-5.055	167.326	10.110	
4	4	84.856	-84.856	5.055	-5.055	169.711	10.110	
	5	75.624	-75.624	5.691	-5.691	151.247	11.383	
5	5	75.879	-75.879	5.691	-5.691	151.759	11.383	
	6	65.336	-65.336	6.126	-6.126	130.671	12.252	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
6	6	65.336	-65.336	6.126	-6.126	130.671	12.252	
	7	54.293	-54.293	7.608	-7.608	108.586	15.216	
7	7	54.293	-54.293	7.608	-7.608	108.586	15.216	
	8	21.684	-21.684	11.833	-11.833	43.367	23.667	
8	8	21.684	-21.684	14.160	-14.160	43.367	28.320	
	9	79.921	-79.921	21.284	-21.284	159.843	42.568	
9	9	81.120	-81.120	45.360	-45.360	162.240	90.720	
	10	313.385	-313.385	52.604	-52.604	626.769	105.208	
10	10	313.385	-313.385	77.810	-77.810	626.769	155.619	
	11	718.410	-718.410	85.169	-85.169	1,436.819	170.338	P1
11	11	718.410	-718.410	85.169	-85.169	1,436.819	170.338	P1
	12	320.441	-320.441	75.044	-75.044	640.881	150.089	
12	12	320.441	-320.441	75.044	-75.044	640.881	150.089	
	13	89.448	-89.448	44.659	-44.659	178.896	89.318	
13	13	89.448	-89.448	44.659	-44.659	178.896	89.318	
	14	18.091	-18.091	14.422	-14.422	36.182	28.845	
14	14	22.635	-22.635	14.422	-14.422	45.270	28.845	
	15	56.683	-56.683	3.798	-3.798	113.367	7.597	
15	15	60.516	-60.516	7.711	-7.711	121.031	15.421	
	16	71.351	-71.351	1.516	-1.516	142.701	3.031	
16	16	73.993	-73.993	5.572	-5.572	147.986	11.144	
	17	76.581	-76.581	3.161	-3.161	153.162	6.323	
17	17	77.790	-77.790	4.510	-4.510	155.581	9.020	
	18	77.856	-77.856	3.860	-3.860	155.712	7.719	
18	18	77.856	-77.856	3.860	-3.860	155.712	7.719	
	19	76.858	-76.858	4.558	-4.558	153.715	9.116	
19	19	76.858	-76.858	4.558	-4.558	153.715	9.116	
	20	72.042	-72.042	5.601	-5.601	144.083	11.201	
20	20	72.042	-72.042	5.601	-5.601	144.083	11.201	
	21	58.017	-58.017	7.706	-7.706	116.034	15.411	
21	21	58.017	-58.017	7.706	-7.706	116.034	15.411	
	22	20.338	-20.338	12.124	-12.124	40.677	24.248	
22	22	20.338	-20.338	14.184	-14.184	40.677	28.369	
	23	86.427	-86.427	21.479	-21.479	172.855	42.958	
23	23	89.658	-89.658	44.199	-44.199	179.316	88.397	
	24	316.110	-316.110	51.482	-51.482	632.220	102.964	
24	24	318.254	-318.254	74.668	-74.668	636.507	149.337	
	25	709.158	-709.158	81.941	-81.941	1,418.317	163.882	P2

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
25	25	710.921	-710.921	84.350	-84.350	1,421.841	168.699	P2
	26	307.810	-307.810	77.141	-77.141	615.619	154.283	
26	26	309.090	-309.090	77.141	-77.141	618.181	154.283	
	27	80.139	-80.139	45.082	-45.082	160.279	90.165	
27	27	80.139	-80.139	45.082	-45.082	160.279	90.165	
	28	21.118	-21.118	13.876	-13.876	42.236	27.752	
28	28	22.777	-22.777	13.876	-13.876	45.554	27.752	
	29	52.507	-52.507	3.725	-3.725	105.014	7.451	
29	29	53.792	-53.792	7.483	-7.483	107.585	14.965	
	30	63.345	-63.345	1.496	-1.496	126.691	2.991	
30	30	63.945	-63.945	6.045	-6.045	127.890	12.090	
	31	74.770	-74.770	1.930	-1.930	149.539	3.861	
31	31	74.770	-74.770	5.666	-5.666	149.539	11.331	
	32	83.636	-83.636	1.962	-1.962	167.272	3.924	
32	32	83.636	-83.636	5.133	-5.133	167.272	10.266	
	33	88.032	-88.032	2.880	-2.880	176.064	5.760	
33	33	88.032	-88.032	2.880	-2.880	176.064	5.760	
	34	74.117	-74.117	7.006	-7.006	148.234	14.013	
34	34	74.117	-74.117	13.003	-13.003	148.234	26.006	
	35	1.490	-1.490	18.538	-18.538	2.980	37.075	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
35	36	0.623	-0.623	19.814	-19.814	1.246	39.627	A1
	37	72.129	-72.129	14.692	-14.692	144.259	29.383	
36	37	72.333	-72.333	14.692	-14.692	144.665	29.383	
	38	92.256	-92.256	1.220	-1.220	184.512	2.440	
37	38	92.256	-92.256	4.181	-4.181	184.512	8.363	
	39	93.332	-93.332	2.946	-2.946	186.663	5.892	
38	39	93.332	-93.332	3.636	-3.636	186.663	7.272	
	40	95.210	-95.210	3.605	-3.605	190.419	7.211	
39	40	95.324	-95.324	4.632	-4.632	190.647	9.263	
	41	102.383	-102.383	3.616	-3.616	204.767	7.232	
40	41	102.967	-102.967	4.536	-4.536	205.933	9.071	
	42	109.270	-109.270	4.674	-4.674	218.540	9.349	
41	42	110.081	-110.081	4.674	-4.674	220.161	9.349	
	43	98.553	-98.553	8.481	-8.481	197.106	16.963	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
42	43	99.016	-99.016	10.199	-10.199	198.031	20.397	
	44	34.721	-34.721	17.088	-17.088	69.443	34.177	
43	44	34.721	-34.721	33.238	-33.238	69.443	66.476	
	45	140.268	-140.268	40.048	-40.048	280.536	80.095	
44	45	145.873	-145.873	113.907	-113.907	291.746	227.813	
	46	703.606	-703.606	120.837	-120.837	1,407.213	241.673	P1
45	46	709.220	-709.220	121.527	-121.527	1,418.441	243.054	P1
	47	148.506	-148.506	114.539	-114.539	297.013	229.078	
46	47	148.506	-148.506	114.539	-114.539	297.013	229.078	
	48	34.931	-34.931	34.797	-34.797	69.862	69.593	
47	48	34.931	-34.931	34.797	-34.797	69.862	69.593	
	49	109.982	-109.982	12.791	-12.791	219.965	25.582	
48	49	109.982	-109.982	12.791	-12.791	219.965	25.582	
	50	132.493	-132.493	2.518	-2.518	264.986	5.035	
49	50	132.493	-132.493	6.453	-6.453	264.986	12.906	
	51	135.255	-135.255	2.317	-2.317	270.510	4.635	
50	51	135.255	-135.255	4.751	-4.751	270.510	9.501	
	52	133.003	-133.003	3.541	-3.541	266.006	7.083	
51	52	133.003	-133.003	4.105	-4.105	266.006	8.210	
	53	131.320	-131.320	3.858	-3.858	262.639	7.717	
52	53	131.613	-131.613	3.858	-3.858	263.225	7.717	
	54	131.867	-131.867	4.150	-4.150	263.735	8.299	
53	54	133.355	-133.355	4.150	-4.150	266.709	8.299	
	55	133.015	-133.015	4.795	-4.795	266.030	9.591	
54	55	135.494	-135.494	4.795	-4.795	270.988	9.591	
	56	129.241	-129.241	6.509	-6.509	258.483	13.018	
55	56	132.399	-132.399	6.509	-6.509	264.799	13.018	
	57	106.047	-106.047	10.543	-10.543	212.094	21.087	
56	57	109.250	-109.250	12.959	-12.959	218.500	25.918	
	58	31.068	-31.068	19.948	-19.948	62.136	39.897	
57	58	33.296	-33.296	34.905	-34.905	66.592	69.809	
	59	149.140	-149.140	41.893	-41.893	298.280	83.787	
58	59	151.129	-151.129	114.256	-114.256	302.258	228.511	
	60	710.758	-710.758	121.247	-121.247	1,421.516	242.493	P2
59	60	710.758	-710.758	121.590	-121.590	1,421.516	243.179	P2
	61	148.285	-148.285	114.656	-114.656	296.569	229.311	
60	61	148.285	-148.285	114.656	-114.656	296.569	229.311	
	62	32.736	-32.736	33.637	-33.637	65.472	67.274	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
61	62	33.408	-33.408	33.637	-33.637	66.816	67.274	
	63	99.405	-99.405	10.534	-10.534	198.810	21.069	
62	63	99.405	-99.405	10.534	-10.534	198.810	21.069	
	64	111.736	-111.736	1.019	-1.019	223.472	2.038	
63	64	111.736	-111.736	4.787	-4.787	223.472	9.573	
	65	105.592	-105.592	4.386	-4.386	211.184	8.771	
64	65	105.592	-105.592	4.386	-4.386	211.184	8.771	
	66	98.567	-98.567	4.588	-4.588	197.133	9.175	
65	66	98.623	-98.623	4.588	-4.588	197.247	9.175	
	67	96.433	-96.433	3.669	-3.669	192.865	7.338	
66	67	96.951	-96.951	3.669	-3.669	193.903	7.338	
	68	94.896	-94.896	4.276	-4.276	189.792	8.552	
67	68	95.505	-95.505	4.276	-4.276	191.011	8.552	
	69	74.279	-74.279	8.106	-8.106	148.558	16.212	
68	69	74.279	-74.279	15.059	-15.059	148.558	30.118	
	70	0.616	-0.616	20.404	-20.404	1.232	40.809	A2

5) 부재력 요약

[단면 - 1]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	548.460	1,620.956	652.891	1,875.556	44.514	39.788	절점 1 에서 2.50 M
G2	484.433	1,426.648	565.002	1,660.469	42.699	37.085	절점 36 에서 2.34 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-204.277	-589.403	-242.452	-796.072	-15.749	-15.991	절점 1 에서 2.50 M
G2	-192.086	-551.404	-224.280	-714.684	-16.964	-15.880	절점 36 에서 2.34 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-105.883	-253.932	-151.422	-913.049	-79.743	-10.080	절점 1 에서 2.50 M
G2	-104.672	-344.679	-85.533	-958.211	-32.504	-10.264	절점 36 에서 2.34 M

[단면 - 2]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,817.372	5,290.430	2,192.784	7,064.568	83.796	271.905	절점 31 에서 2.50 M
G2	1,689.639	4,900.963	2,032.689	6,376.212	100.900	270.939	절점 66 에서 1.19 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-21.811	-55.655	-21.263	-386.265	-2.081	-10.502	절점 31 에서 2.50 M
G2	-33.172	-84.257	-30.531	-393.714	-1.805	-10.794	절점 66 에서 1.19 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	18.047	70.730	-2.169	640.102	36.342	20.258	절점 31 에서 2.50 M
G2	-21.334	-71.264	34.325	-592.305	-13.178	-14.750	절점 66 에서 1.19 M

[단면 - 3]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,061.554	3,216.043	1,346.202	7,136.502	63.951	406.624	절점 29 에서 3.74 M
G2	1,014.083	3,045.593	1,327.163	6,410.945	109.833	386.289	절점 64 에서 3.56 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-154.241	-431.806	-175.165	-537.816	-1.590	-10.032	절점 29 에서 3.74 M
G2	-154.751	-431.145	-166.479	-511.239	-2.765	-11.302	절점 64 에서 3.56 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-62.293	-127.276	-125.124	-617.018	-35.824	-31.407	절점 29 에서 3.74 M
G2	-151.905	-467.701	-112.125	-806.589	-30.545	-27.093	절점 64 에서 3.56 M

[단면 - 4]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-2,507.776	-6,520.917	-2,662.190	-7,311.155	-80.139	-398.235	절점 27 에서 0.00 M
G2	-2,409.773	-6,288.882	-2,342.868	-6,303.052	-32.736	-420.822	절점 62 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-371.628	-977.755	-403.555	-854.241	-20.851	-7.762	절점 27 에서 0.00 M
G2	-373.190	-981.894	-392.362	-828.690	-17.264	-13.633	절점 62 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-111.959	-163.501	-235.529	-1,094.278	-26.778	-25.929	절점 27 에서 0.00 M
G2	-213.354	-732.344	-6.308	-1,458.640	-35.117	-34.148	절점 62 에서 0.00 M

[단면 - 5]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-4,271.541	-11,037.593	-4,691.668	-9,534.140	-307.810	-403.949	절점 26 에서 0.00 M
G2	-4,129.803	-10,711.957	-4,252.900	-8,545.936	-143.247	-478.315	절점 61 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-397.940	-986.989	-442.087	-950.605	-52.172	-1.185	절점 26 에서 0.00 M
G2	-411.434	-996.131	-475.002	-947.228	-114.656	-16.634	절점 61 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-111.959	-139.818	-353.760	-1,048.443	-26.778	-25.929	절점 26 에서 0.00 M
G2	-13.174	-248.199	178.792	-1,698.776	-61.961	-46.499	절점 61 에서 0.00 M

[단면 - 6]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-6,441.238	-16,014.830	-7,165.592	-12,908.429	-718.410	-394.546	절점 11 에서 0.00 M
G2	-6,324.880	-15,835.493	-6,675.766	-12,141.880	-703.606	-558.881	절점 46 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-514.223	-1,115.614	-553.228	-1,098.454	-82.459	-5.598	절점 11 에서 0.00 M
G2	-546.093	-1,206.605	-571.396	-1,146.421	-121.527	-23.907	절점 46 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-191.322	-310.890	-383.748	-1,362.564	-42.378	-4.100	절점 11 에서 0.00 M
G2	-56.869	-219.953	140.137	-1,801.840	-194.781	-19.632	절점 46 에서 0.00 M

[단면 - 7]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,023.135	2,475.026	1,113.579	5,285.476	58.017	403.611	절점 21 에서 0.00 M
G2	1,004.962	2,396.664	1,145.513	4,969.306	129.670	392.067	절점 50 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	247.711	658.189	270.295	704.506	3.772	17.538	절점 21 에서 0.00 M
G2	-233.273	-604.145	-244.926	-659.204	-6.451	-19.124	절점 50 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	164.629	319.468	225.139	1,203.462	136.125	30.062	절점 21 에서 0.00 M
G2	-234.166	-652.699	-102.758	-1,289.046	-80.831	-19.267	절점 50 에서 0.00 M

[단면 - 8]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	2,310.648	5,813.077	2,504.885	7,206.892	77.192	282.344	절점 19 에서 3.12 M
G2	2,224.291	5,554.991	2,407.322	6,630.459	136.771	263.634	절점 54 에서 2.97 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	133.208	339.242	141.457	554.254	2.466	18.883	절점 19 에서 3.12 M
G2	132.291	336.374	135.039	528.374	1.813	18.646	절점 54 에서 2.97 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	104.061	220.359	163.050	816.883	66.908	19.008	절점 19 에서 3.12 M
G2	152.946	416.476	96.034	1,024.067	51.993	15.144	절점 54 에서 2.97 M

[단면 - 9]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	2,870.966	7,249.008	3,099.234	8,104.356	77.856	130.862	절점 18 에서 0.00 M
G2	2,758.888	6,923.119	2,947.690	7,399.069	131.613	119.731	절점 53 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-5.767	-23.219	-6.969	-410.581	-3.860	-19.095	절점 18 에서 0.00 M
G2	-7.470	-26.931	-6.879	-394.104	-3.858	-18.475	절점 53 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	37.488	93.627	-7.449	693.766	22.611	14.272	절점 18 에서 0.00 M
G2	-52.966	-131.024	-95.349	-778.527	-18.611	-11.132	절점 53 에서 0.00 M

[현장이음 - 1]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,703.023	4,935.088	2,036.152	5,898.973	90.781	181.677	절점 3 에서 1.87 M
G2	1,586.446	4,572.210	1,867.360	5,110.578	95.544	168.442	절점 38 에서 1.78 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-60.210	-174.023	-74.322	-505.541	-1.430	-16.216	절점 3 에서 1.87 M
G2	-65.515	-188.141	-81.493	-507.246	-1.517	-15.660	절점 38 에서 1.78 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-72.562	-205.408	-97.341	-899.061	-69.063	-17.395	절점 3 에서 1.87 M
G2	-49.956	-153.076	-47.573	-985.379	-32.458	-17.797	절점 38 에서 1.78 M

[현장이음 - 2]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,153.489	3,473.788	1,449.946	7,204.955	65.091	397.467	절점 6 에서 0.62 M
G2	1,102.116	3,291.071	1,421.024	6,464.242	105.195	376.035	절점 41 에서 0.59 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	146.180	411.011	165.885	526.306	1.500	10.015	절점 6 에서 0.62 M
G2	147.133	411.458	157.689	500.114	3.733	11.291	절점 41 에서 0.59 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	62.630	130.878	110.429	630.403	35.737	31.392	절점 6 에서 0.62 M
G2	151.748	464.616	126.029	797.529	30.435	27.081	절점 41 에서 0.59 M

[현장이음 - 3]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-680.209	-1,583.611	-626.119	-5,934.468	-27.232	-354.103	절점 7 에서 4.37 M
G2	-647.475	-1,520.870	-468.024	-5,385.240	-101.446	-349.034	절점 42 에서 4.16 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	274.220	746.092	308.202	712.223	10.828	9.182	절점 7 에서 4.37 M
G2	273.533	742.304	296.123	682.241	7.533	12.156	절점 42 에서 4.16 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	60.953	85.230	242.413	789.654	55.299	38.256	절점 7 에서 4.37 M
G2	192.474	625.882	49.182	1,148.817	41.063	31.650	절점 42 에서 4.16 M

[현장이음 - 4]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-4,518.032	-11,621.866	-4,983.940	-9,901.447	-360.814	-402.607	절점 10 에서 0.62 M
G2	-4,379.350	-11,316.253	-4,535.204	-8,934.437	-214.294	-487.342	절점 45 에서 0.59 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	394.880	934.886	467.780	935.893	78.724	8.346	절점 10 에서 0.62 M
G2	424.870	1,019.918	484.864	961.877	114.770	17.213	절점 45 에서 0.59 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	31.895	16.827	153.544	1,154.967	85.035	15.004	절점 10 에서 0.62 M
G2	-79.315	-66.992	-160.688	-1,276.029	-297.386	-27.476	절점 45 에서 0.59 M

[현장이음 - 5]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-4,398.930	-11,413.594	-4,880.654	-9,295.234	-367.837	-367.940	절점 11 에서 4.37 M
G2	-4,243.950	-11,078.540	-4,421.499	-8,476.537	-216.792	-455.441	절점 46 에서 4.16 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-416.605	-970.818	-488.452	-986.705	-75.971	-5.598	절점 11 에서 4.37 M
G2	-453.182	-1,068.782	-509.739	-1,039.187	-115.409	-23.907	절점 46 에서 4.16 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-191.322	-331.618	-280.272	-1,393.068	-42.378	-4.100	절점 11 에서 4.37 M
G2	-56.869	-200.224	41.643	-1,733.252	-194.781	-19.632	절점 46 에서 4.16 M

[현장이음 - 6]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	177.095	243.122	187.418	4,458.856	39.436	451.928	절점 14 에서 1.87 M
G2	199.699	270.562	303.318	4,210.115	120.143	456.444	절점 49 에서 1.78 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-289.580	-761.741	-316.585	-767.141	-9.037	-17.552	절점 14 에서 1.87 M
G2	-287.861	-756.406	-303.199	-732.716	-7.490	-20.068	절점 49 에서 1.78 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-164.081	-303.477	-298.775	-1,170.665	-136.671	-30.031	절점 14 에서 1.87 M
G2	-294.132	-823.818	-164.928	-1,545.389	-95.389	-22.226	절점 49 에서 1.78 M

[현장이음 - 7]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	2,465.690	6,209.767	2,669.713	7,445.974	79.629	259.332	절점 16 에서 3.12 M
G2	2,371.490	5,930.903	2,557.324	6,837.146	136.717	241.046	절점 51 에서 2.97 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-116.051	-298.096	-123.007	-530.730	-1.353	-18.905	절점 16 에서 3.12 M
G2	-115.894	-297.084	-117.416	-505.437	-1.283	-18.652	절점 51 에서 2.97 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-103.728	-225.513	-133.316	-825.242	-67.459	-18.974	절점 16 에서 3.12 M
G2	-152.603	-409.782	-123.794	-1,008.262	-52.887	-15.127	절점 51 에서 2.97 M

[현장이음 - 8]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	2,466.181	6,210.711	2,669.906	7,448.310	77.958	259.275	절점 19 에서 1.87 M
G2	2,371.686	5,931.121	2,557.248	6,838.571	136.860	241.042	절점 54 에서 1.78 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	115.940	297.876	122.951	530.557	1.319	18.883	절점 19 에서 1.87 M
G2	115.861	297.014	117.431	505.400	1.243	18.646	절점 54 에서 1.78 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	104.061	226.281	133.488	825.314	66.908	19.008	절점 19 에서 1.87 M
G2	152.946	410.841	124.162	1,008.065	51.993	15.144	절점 54 에서 1.78 M

[현장이음 - 9]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	178.084	244.772	187.599	4,462.776	36.910	452.019	절점 21 에서 3.12 M
G2	200.434	271.597	303.190	4,213.078	119.546	456.601	절점 56 에서 2.97 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	289.502	761.605	316.560	766.963	8.992	17.538	절점 21 에서 3.12 M
G2	287.816	756.312	303.200	732.663	7.561	20.056	절점 56 에서 2.97 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	164.629	304.664	299.043	1,171.788	136.125	30.062	절점 21 에서 3.12 M
G2	293.795	823.267	164.645	1,543.152	94.565	22.169	절점 56 에서 2.97 M

[현장이음 - 10]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-4,399.873	-11,416.229	-4,881.654	-9,295.779	-365.435	-368.231	절점 24 에서 0.62 M
G2	-4,243.546	-11,077.622	-4,421.914	-8,478.023	-219.772	-455.180	절점 59 에서 0.59 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	418.919	975.667	489.593	992.063	75.578	5.713	절점 24 에서 0.62 M
G2	455.125	1,072.641	510.688	1,044.215	115.133	24.433	절점 59 에서 0.59 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	186.276	320.827	277.746	1,382.394	42.238	5.035	절점 24 에서 0.62 M
G2	59.927	205.822	-40.570	1,750.855	193.260	19.870	절점 59 에서 0.59 M

[현장이음 - 11]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-4,516.347	-11,617.871	-4,982.809	-9,901.782	-356.493	-402.418	절점 25 에서 4.37 M
G2	-4,378.832	-11,315.374	-4,534.338	-8,931.120	-216.630	-487.632	절점 60 에서 4.16 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-392.595	-930.138	-466.677	-936.198	-78.037	-8.232	절점 25 에서 4.37 M
G2	-422.782	-1,015.738	-483.773	-962.172	-115.514	-16.634	절점 60 에서 4.16 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-36.432	-26.357	-155.535	-1,148.874	-85.183	-15.270	절점 25 에서 4.37 M
G2	82.683	73.305	162.233	1,297.180	299.219	26.750	절점 60 에서 4.16 M

[현장이음 - 12]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-681.278	-1,585.615	-626.531	-5,941.344	-28.103	-354.513	절점 28 에서 0.62 M
G2	-648.223	-1,522.106	-468.154	-5,387.792	-101.962	-349.454	절점 63 에서 0.59 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-274.274	-746.208	-308.228	-712.239	-10.675	-9.193	절점 28 에서 0.62 M
G2	-273.535	-742.314	-296.109	-682.183	-7.668	-12.171	절점 63 에서 0.59 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-60.460	-84.215	-242.241	-791.317	-55.313	-38.237	절점 28 에서 0.62 M
G2	-192.798	-626.528	-49.453	-1,148.118	-41.103	-31.698	절점 63 에서 0.59 M

[현장이음 - 13]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,152.850	3,472.745	1,449.796	7,208.834	63.648	397.487	절점 29 에서 4.37 M
G2	1,101.588	3,290.332	1,420.950	6,467.331	107.707	376.002	절점 64 에서 4.16 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-146.234	-411.114	-165.908	-526.357	-1.543	-10.032	절점 29 에서 4.37 M
G2	-147.125	-411.435	-157.662	-500.090	-3.577	-11.302	절점 64 에서 4.16 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	-62.293	-130.238	-110.336	-631.492	-35.824	-31.407	절점 29 에서 4.37 M
G2	-151.905	-464.880	-126.210	-796.730	-30.545	-27.093	절점 64 에서 4.16 M

[현장이음 - 14]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	1,702.628	4,934.340	2,035.933	5,900.949	89.183	181.689	절점 32 에서 3.12 M
G2	1,585.950	4,571.146	1,867.030	5,110.915	98.902	168.421	절점 67 에서 2.97 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	60.150	173.903	74.289	505.676	1.459	16.212	절점 32 에서 3.12 M
G2	65.516	188.141	81.514	507.319	1.586	15.663	절점 67 에서 2.97 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel	슬래브					
G1	72.840	206.146	97.576	900.364	69.043	17.255	절점 32 에서 3.12 M
G2	49.789	152.641	47.362	985.671	32.417	17.682	절점 67 에서 2.97 M

6) 반력 집계

(1) G1 최대인 경우

• DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	501.649	-72.276	48.499	-48.499	15.488	-14.639	1,958.447	1,305.896	106
G2	209.586	635.153	235.071	9.770	-36.627	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,130.864	1,006.945	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	532.412	-34.361	112.638	-112.638	20.346	-14.087	5,018.738	4,304.894	107
	426.744	1,243.287	-191.756	71.182	-13.267	442.155	-442.155	6.000	-5.641	1,776.534	1,238.290	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	34.588	-34.384	546.558	-546.558	53.067	-84.401	5,275.513	4,522.515	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	532.406	-34.340	111.239	-111.239	20.337	-14.136	5,018.362	4,305.904	109
	426.731	1,243.279	-191.559	71.550	-13.451	442.001	-442.001	6.109	-5.567	1,777.110	1,238.433	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	34.147	-34.132	547.009	-547.009	52.936	-84.492	5,274.320	4,521.603	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	501.700	-72.555	48.222	-48.222	15.491	-14.674	1,958.354	1,305.712	111
G2	209.496	634.956	235.079	9.636	-36.852	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,130.775	1,006.141	115

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	815.792	-132.106	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,272.590	1,246.066	106
G2	209.586	635.153	235.071	141.684	-43.143	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,262.777	1,000.429	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	738.736	-60.963	112.638	-112.638	20.346	-14.087	5,225.062	4,278.292	107
	426.744	1,243.287	-191.756	375.688	-23.858	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,081.040	1,227.699	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	154.656	-71.081	546.558	-546.558	53.067	-84.401	5,395.581	4,485.818	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	738.743	-60.912	111.239	-111.239	20.337	-14.136	5,224.700	4,279.332	109
	426.731	1,243.279	-191.559	376.122	-24.214	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,081.683	1,227.669	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	153.853	-70.593	547.009	-547.009	52.936	-84.492	5,394.026	4,485.143	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	815.897	-132.557	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,272.551	1,245.710	111
G2	209.496	634.956	235.079	141.613	-43.431	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,262.753	999.562	115

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	864.465	-163.065	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,321.264	1,215.107	106
G2	209.586	635.153	235.071	400.692	-62.100	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,521.786	981.473	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	719.856	-72.447	112.638	-112.638	20.346	-14.087	5,206.182	4,266.809	107
	426.744	1,243.287	-191.756	626.966	-28.976	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,332.318	1,222.581	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	372.668	-99.673	546.558	-546.558	53.067	-84.401	5,613.593	4,457.226	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	719.900	-72.370	111.239	-111.239	20.337	-14.136	5,205.857	4,267.874	109
	426.731	1,243.279	-191.559	627.370	-29.447	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,332.930	1,222.436	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	371.702	-99.033	547.009	-547.009	52.936	-84.492	5,611.875	4,456.703	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	864.605	-163.539	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,321.259	1,214.728	111
G2	209.496	634.956	235.079	400.610	-62.363	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,521.749	980.630	115

• DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	569.769	-117.500	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,026.568	1,260.672	106
G2	209.586	635.153	235.071	11.875	-63.537	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,132.969	980.035	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	1,181.661	-45.727	112.638	-112.638	20.346	-14.087	5,667.987	4,293.528	107
	426.744	1,243.287	-191.756	154.477	-19.338	442.155	-442.155	6.000	-5.641	1,859.829	1,232.219	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	57.856	-47.141	546.558	-546.558	53.067	-84.401	5,298.781	4,509.758	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	1,181.710	-45.702	111.239	-111.239	20.337	-14.136	5,667.667	4,294.543	109
	426.731	1,243.279	-191.559	154.866	-19.586	442.001	-442.001	6.109	-5.567	1,860.426	1,232.297	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	57.215	-46.721	547.009	-547.009	52.936	-84.492	5,297.388	4,509.014	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	570.134	-117.974	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,026.788	1,260.293	111
G2	209.496	634.956	235.079	11.706	-63.508	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,132.845	979.485	115

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	933.787	-213.476	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,390.586	1,164.697	106
G2	209.586	635.153	235.071	142.495	-79.043	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,263.589	964.530	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	1,678.405	-80.790	112.638	-112.638	20.346	-14.087	6,164.731	4,258.466	107
	426.744	1,243.287	-191.756	707.353	-31.629	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,412.705	1,219.927	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	309.418	-94.957	546.558	-546.558	53.067	-84.401	5,550.343	4,461.942	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	1,678.453	-80.723	111.239	-111.239	20.337	-14.136	6,164.410	4,259.521	109
	426.731	1,243.279	-191.559	707.990	-32.101	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,413.550	1,219.783	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	308.376	-94.296	547.009	-547.009	52.936	-84.492	5,548.549	4,461.439	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	934.394	-214.236	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,391.047	1,164.031	111
G2	209.496	634.956	235.079	142.259	-78.944	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,263.398	964.049	115

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	1,004.827	-260.639	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,461.626	1,117.533	106
G2	209.586	635.153	235.071	397.362	-106.849	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,518.455	936.723	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	1,630.219	-97.743	112.638	-112.638	20.346	-14.087	6,116.545	4,241.512	107
	426.744	1,243.287	-191.756	1,065.500	-37.934	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,770.852	1,213.622	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	836.544	-131.632	546.558	-546.558	53.067	-84.401	6,077.469	4,425.267	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	1,630.254	-97.647	111.239	-111.239	20.337	-14.136	6,116.211	4,242.597	109
	426.731	1,243.279	-191.559	1,066.306	-38.559	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,771.867	1,213.325	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	835.229	-130.770	547.009	-547.009	52.936	-84.492	6,075.402	4,424.965	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	1,005.457	-261.418	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,462.111	1,116.848	111
G2	209.496	634.956	235.079	397.160	-106.777	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,518.299	936.216	115

(2) G2 최대인 경우

• DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	41.171	-47.304	48.499	-48.499	15.488	-14.639	1,497.969	1,330.869	106
G2	209.586	635.153	235.071	479.047	-30.897	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,600.141	1,012.675	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	12.082	-16.820	112.638	-112.638	20.346	-14.087	4,498.408	4,322.435	107
	426.744	1,243.287	-191.756	4.779	-15.028	442.155	-442.155	6.000	-5.641	1,710.131	1,236.529	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	540.232	-47.048	546.558	-546.558	53.067	-84.401	5,781.157	4,509.851	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	11.962	-16.781	111.239	-111.239	20.337	-14.136	4,497.919	4,323.463	109
	426.731	1,243.279	-191.559	5.033	-15.038	442.001	-442.001	6.109	-5.567	1,710.594	1,236.846	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	540.164	-46.808	547.009	-547.009	52.936	-84.492	5,780.337	4,508.928	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	41.170	-47.308	48.222	-48.222	15.491	-14.674	1,497.824	1,330.958	111
G2	209.496	634.956	235.079	479.074	-31.037	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,600.213	1,011.956	115

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	209.920	-99.773	48.499	-48.499	15.488	-14.639	1,666.719	1,278.399	106
G2	209.586	635.153	235.071	775.100	-55.067	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,896.193	988.505	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	89.118	-38.046	112.638	-112.638	20.346	-14.087	4,575.444	4,301.209	107
	426.744	1,243.287	-191.756	335.811	-16.822	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,041.163	1,234.735	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	780.164	-87.998	546.558	-546.558	53.067	-84.401	6,021.089	4,468.902	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	89.239	-37.972	111.239	-111.239	20.337	-14.136	4,575.196	4,302.272	109
	426.731	1,243.279	-191.559	335.873	-17.185	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,041.433	1,234.698	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	779.759	-87.522	547.009	-547.009	52.936	-84.492	6,019.932	4,468.213	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	209.977	-99.868	48.222	-48.222	15.491	-14.674	1,666.631	1,278.399	111
G2	209.496	634.956	235.079	775.100	-55.215	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,896.240	987.778	115

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	477.700	-142.166	48.499	-48.499	15.488	-14.639	1,934.499	1,236.006	106
G2	209.586	635.153	235.071	808.735	-65.589	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,929.829	977.983	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	279.419	-57.799	112.638	-112.638	20.346	-14.087	4,765.745	4,281.457	107
	426.744	1,243.287	-191.756	587.373	-24.457	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,292.725	1,227.100	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	792.961	-110.198	546.558	-546.558	53.067	-84.401	6,033.886	4,446.701	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	279.536	-57.707	111.239	-111.239	20.337	-14.136	4,765.492	4,282.537	109
	426.731	1,243.279	-191.559	587.431	-24.932	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,292.992	1,226.952	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	792.295	-109.568	547.009	-547.009	52.936	-84.492	6,032.468	4,446.168	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	477.797	-142.409	48.222	-48.222	15.491	-14.674	1,934.451	1,235.857	111
G2	209.496	634.956	235.079	808.699	-65.617	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,929.839	977.376	115

• DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	64.042	-73.342	48.499	-48.499	15.488	-14.639	1,520.840	1,304.830	106
G2	209.586	635.153	235.071	480.110	-48.143	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,601.204	995.429	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	24.112	-20.915	112.638	-112.638	20.346	-14.087	4,510.438	4,318.340	107
	426.744	1,243.287	-191.756	8.310	-25.856	442.155	-442.155	6.000	-5.641	1,713.662	1,225.700	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	1,264.299	-60.388	546.558	-546.558	53.067	-84.401	6,505.224	4,496.511	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	24.012	-20.853	111.239	-111.239	20.337	-14.136	4,509.969	4,319.392	109
	426.731	1,243.279	-191.559	8.641	-25.996	442.001	-442.001	6.109	-5.567	1,714.201	1,225.887	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	1,263.935	-60.079	547.009	-547.009	52.936	-84.492	6,504.108	4,495.656	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	63.999	-73.316	48.222	-48.222	15.491	-14.674	1,520.653	1,304.951	111
G2	209.496	634.956	235.079	480.339	-48.405	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,601.478	994.588	115

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	276.690	-155.075	48.499	-48.499	15.488	-14.639	1,733.488	1,223.097	106
G2	209.586	635.153	235.071	770.072	-86.355	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,891.166	957.218	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	201.294	-50.309	112.638	-112.638	20.346	-14.087	4,687.620	4,288.946	107
	426.744	1,243.287	-191.756	514.136	-21.166	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,219.488	1,230.391	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	1,849.528	-113.408	546.558	-546.558	53.067	-84.401	7,090.453	4,443.491	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	201.263	-50.210	111.239	-111.239	20.337	-14.136	4,687.220	4,290.034	109
	426.731	1,243.279	-191.559	514.667	-21.641	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,220.227	1,230.243	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	1,848.754	-112.797	547.009	-547.009	52.936	-84.492	7,088.927	4,442.938	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	276.764	-155.182	48.222	-48.222	15.491	-14.674	1,733.418	1,223.084	111
G2	209.496	634.956	235.079	770.246	-86.584	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,891.385	956.409	115

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	581.551	-223.828	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,038.349	1,154.345	106
G2	209.586	635.153	235.071	798.339	-102.721	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,919.433	940.852	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	659.184	-76.267	112.638	-112.638	20.346	-14.087	5,145.509	4,262.989	107
	426.744	1,243.287	-191.756	940.614	-31.365	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,645.966	1,220.191	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	1,846.439	-144.352	546.558	-546.558	53.067	-84.401	7,087.364	4,412.547	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	659.153	-76.144	111.239	-111.239	20.337	-14.136	5,145.110	4,264.100	109
	426.731	1,243.279	-191.559	941.298	-31.989	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,646.859	1,219.895	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	1,845.325	-143.534	547.009	-547.009	52.936	-84.492	7,085.498	4,412.202	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	581.836	-224.191	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,038.490	1,154.075	111
G2	209.496	634.956	235.079	798.343	-102.751	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,919.483	940.242	115

(3) 최대 반력 집계

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	1,004.827	-260.639	48.499	-48.499	15.488	-14.639	2,461.626	1,117.533	106
G2	209.586	635.153	235.071	808.735	-106.849	49.512	-49.512	16.528	-11.481	1,929.829	936.723	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	1,678.405	-97.743	112.638	-112.638	20.346	-14.087	6,164.731	4,241.512	107
	426.744	1,243.287	-191.756	1,065.500	-37.934	442.155	-442.155	6.000	-5.641	2,770.852	1,213.622	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	1,849.528	-144.352	546.558	-546.558	53.067	-84.401	7,090.453	4,412.547	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	1,678.453	-97.647	111.239	-111.239	20.337	-14.136	6,164.410	4,242.597	109
	426.731	1,243.279	-191.559	1,066.306	-38.559	442.001	-442.001	6.109	-5.567	2,771.867	1,213.325	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	1,848.754	-143.534	547.009	-547.009	52.936	-84.492	7,088.927	4,412.202	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_0+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	1,005.457	-261.418	48.222	-48.222	15.491	-14.674	2,462.111	1,116.848	111
G2	209.496	634.956	235.079	808.699	-106.777	50.168	-50.168	16.524	-11.454	1,929.839	936.216	115

(4) 하부 설계시 작용반력

< A1 >

거더 번호	합성전 고정 하중		합성후 고정 하중	활 하 중						최대 반력 집계 합계		절점 번호
				만재 하 시		좌측 편재 하 시		우측 편재 하 시				
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.987	826.944	315.130	1,004.827	-260.639	933.787	-213.476	276.690	-155.075	2,461.626	1,117.533	106
G2	209.586	635.153	235.071	397.362	-106.849	142.495	-79.043	770.072	-86.355	1,929.829	936.723	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
				만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	1,630.219	-97.743	1,678.405	-80.790	201.294	-50.309	6,164.731	4,241.512	107
	426.744	1,243.287	-191.756	1,065.500	-37.934	707.353	-31.629	514.136	-21.166	2,770.852	1,213.622	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	836.544	-131.632	309.418	-94.957	1,849.528	-113.408	7,090.453	4,412.547	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
				만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	1,630.254	-97.647	1,678.453	-80.723	201.263	-50.210	6,164.410	4,242.597	109
	426.731	1,243.279	-191.559	1,066.306	-38.559	707.990	-32.101	514.667	-21.641	2,771.867	1,213.325	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	835.229	-130.770	308.376	-94.296	1,848.754	-112.797	7,088.927	4,412.202	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
				만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	274.984	826.988	315.080	1,005.457	-261.418	934.394	-214.236	276.764	-155.182	2,462.111	1,116.848	111
G2	209.496	634.956	235.079	397.160	-106.777	142.259	-78.944	770.246	-86.584	1,929.839	936.216	115

(5) 부반력 검토

$R = 2R_{L+1} + R_0$ or $R = R_0 + R_W$ 중 불리한 값을 사용하여 설계한다. (도로교 설계기준 2.4.1.2)

R : 받침반력 (kN)

R_{L+1} : 충격을 포함한 활하중에 의한 최대 부반력 (kN)

R_f : 고정하중에 의한 받침반력 R_W : 풍하중에 의한 최대 부반력 (kN)

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	고정하중 합계 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_0$	$R_0 + R_W$		
G1	274.987	826.944	315.130	1,417.061	1,004.827	-260.639	48.499	-48.499	895.782	1,368.562	-	106
G2	209.586	635.153	235.071	1,079.810	808.735	-106.849	49.512	-49.512	866.112	1,030.297	-	112

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	고정하중 합계 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_0$	$R_0 + R_W$		
G1	1,025.566	2,144.918	1,239.177	4,409.661	1,678.405	-97.743	112.638	-112.638	4,214.174	4,297.023	-	107
	426.744	1,243.287	-191.756	1,478.275	1,065.500	-37.934	442.155	-442.155	1,402.406	1,036.120	-	108
G2	1,138.230	2,459.552	1,316.797	4,914.579	1,849.528	-144.352	546.558	-546.558	4,625.876	4,368.021	-	113

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	고정하중 합계 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_0$	$R_0 + R_W$		
G1	1,025.647	2,145.120	1,239.233	4,410.000	1,678.453	-97.647	111.239	-111.239	4,214.705	4,298.761	-	109
	426.731	1,243.279	-191.559	1,478.451	1,066.306	-38.559	442.001	-442.001	1,401.334	1,036.450	-	110
G2	1,138.058	2,459.172	1,316.502	4,913.732	1,848.754	-143.534	547.009	-547.009	4,626.665	4,366.723	-	114

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_0)		합성후 고정하중 (R_0)	고정하중 합계 (R_0)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_0$	$R_0 + R_W$		
G1	274.984	826.988	315.080	1,417.052	1,005.457	-261.418	48.222	-48.222	894.215	1,368.830	-	111
G2	209.496	634.956	235.079	1,079.532	808.699	-106.777	50.168	-50.168	865.977	1,029.363	-	115

4.5 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION 에 대한 검토

(철.설 9.10.1 강교설계의 기초 P168)

비틀림상수비 가장 큰 단면 5 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned}
 B_u &= U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 H &= h + t_u/2 + t_l/2 = 2,494.0 + 18.0 / 2 + 20.0 / 2 = 2,513.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u+B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,513.0 = 6,061,356.0 \text{ mm}^2 \\
 \beta_u &= (B_u \times t_u) / (t_w \times H) = (2,412.0 \times 18.0) / (12.0 \times 2,513.0) = 1.440 \\
 \beta_l &= (B_l \times t_l) / (t_w \times H) = (2,412.0 \times 20.0) / (12.0 \times 2,513.0) = 1.600 \\
 \varepsilon &= 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 18.0 \times 20.0 / 12.0^2 = 5.000
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 함수

$$\begin{aligned}
 q' &= \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon) \\
 &= \{(2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 12.0 \times 5.000\} / (1.440 + 1.600 + 5.000) = 18,001.4
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 함수(Unit Warping)

$$\begin{aligned}
 \Delta \omega &= \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w \\
 &= \{(2,412.0 + 2,412.0) / 2 / 2 \times 2,513.0\} + (18,001.4 \times 2,513.0) / 12.0 = 6,800,461.6 \\
 \omega_1 &= \{-\Delta \omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{-6,800,461.6 \times (1.600 + 3)\} / (1.440 + 1.600 + 6) = -3,460,403.9 \\
 \omega_2 &= \{\Delta \omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{6,800,461.6 \times (1.440 + 3)\} / (1.440 + 1.600 + 6) = 3,340,057.7
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 I_w &= H \times t_w / 3 \{ \omega_1^2 (2 + \beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2 (2 + \beta_l) \} \\
 &= 2,513.0 \times 12.0 / 3 \times \{-3,460,403.9^2 \times (2 + 1.440) + 2 \times -3,460,403.9 \\
 &\quad \times 3,340,057.7 + 3,340,057.7^2 \times (2 + 1.600)\} = 5.853\text{E}+17 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

▪ 순수 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 6,061,356.0^2 / \{ (2,513.0 + 2,513.0) / 12.0 + 2,412.0 / 18.0 \\
 &\quad + 2,412.0 / 20.0 \} = 2.182\text{E}+11
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 49,450.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 2.182\text{E}+11}{205,000.0 \times 5.853\text{E}+17}} = 18.744$$

$\alpha = 18.74 > 10.0$ ※ 검토결과 $\alpha > 10$ 이므로 뒤틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(49,450.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	T_u	t_l	t_w	$F(\text{mm}^2)$	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,412.0	2,412.0	2,505.0	10.0	12.0	12.0	6.04E+06	0.802	0.963	1.667	14056.2
단면-2	2,412.0	2,412.0	2,505.0	10.0	12.0	12.0	6.04E+06	0.802	0.963	1.667	14056.2
단면-3	2,412.0	2,412.0	2,505.0	10.0	12.0	12.0	6.04E+06	0.802	0.963	1.667	14056.2
단면-4	2,412.0	2,412.0	2,513.0	18.0	20.0	12.0	6.06E+06	1.440	1.600	5.000	18001.4
단면-5	2,412.0	2,412.0	2,513.0	18.0	20.0	12.0	6.06E+06	1.440	1.600	5.000	18001.4
단면-6	2,414.0	2,414.0	2,517.0	18.0	28.0	14.0	6.08E+06	1.233	1.918	5.143	20955.6
단면-7	2,412.0	2,412.0	2,506.0	12.0	12.0	12.0	6.04E+06	0.962	0.962	2.000	14748.6
단면-8	2,412.0	2,412.0	2,506.0	12.0	12.0	12.0	6.04E+06	0.962	0.962	2.000	14748.6
단면-9	2,412.0	2,412.0	2,508.0	12.0	16.0	12.0	6.05E+06	0.962	1.282	2.667	15717.6

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	L	$I_w(\text{mm}^6)$	$K(\text{mm}^4)$	α	판 정
단면-1	5,955,262.9	-3,039,168.0	2,916,095.0	49,450.0	3.34E+17	1.70E+11	21.88	$\alpha > 10$
단면-2	5,955,262.9	-3,039,168.0	2,916,095.0	49,450.0	3.34E+17	1.70E+11	21.88	$\alpha > 10$
단면-3	5,955,262.9	-3,039,168.0	2,916,095.0	49,450.0	3.34E+17	1.70E+11	21.88	$\alpha > 10$
단면-4	6,800,461.6	-3,460,403.9	3,340,057.7	49,450.0	5.85E+17	2.18E+11	18.74	$\alpha > 10$
단면-5	6,800,461.6	-3,460,403.9	3,340,057.7	49,450.0	5.85E+17	2.18E+11	18.74	$\alpha > 10$
단면-6	6,805,533.4	-3,657,495.2	3,148,038.3	70,000.0	6.94E+17	2.55E+11	26.33	$\alpha > 10$
단면-7	6,102,237.4	-3,051,118.7	3,051,118.7	70,000.0	3.66E+17	1.78E+11	30.32	$\alpha > 10$
단면-8	6,102,237.4	-3,051,118.7	3,051,118.7	70,000.0	3.66E+17	1.78E+11	30.32	$\alpha > 10$
단면-9	6,309,618.1	-3,277,485.9	3,032,132.2	70,000.0	4.23E+17	1.90E+11	29.15	$\alpha > 10$

※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$ 일 경우 뒀비틀림에 대한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION 에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 5 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned}
 B_u &= U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm} \\
 B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,293.9 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,305.9 \text{ mm} \\
 H &= h + t_u/2 + t_l/2 = 2,494.0 + 53.0 / 2 + 20.0 / 2 = 2,530.5 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,305.9) / 2 \times 2,530.5 = 5,969,323.0 \text{ mm}^2 \\
 \beta_u &= (B_u \times t_u) / (t_w \times H) = (2,412.0 \times 53.0) / (12.0 \times 2,530.5) = 4.210 \\
 \beta_l &= (B_l \times t_l) / (t_w \times H) = (2,305.9 \times 20.0) / (12.0 \times 2,530.5) = 1.519 \\
 \varepsilon &= 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 53.0 \times 20.0 / 12.0^2 = 14.722
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 함수

$$\begin{aligned}
 q' &= \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon) \\
 &= \{(2,412.0 + 2,305.9) / 2 \times 12.0 \times 14.722\} / (4.210 + 1.519 + 14.722) = 20,378.1
 \end{aligned}$$

▪ 쏜구침 함수(Unit Warping)

$$\begin{aligned}
 \Delta\omega &= \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w \\
 &= \{(2,412.0 + 2,305.9) / 2 / 2 \times 2,530.5\} + (20,378.1 \times 2,530.5) / 12.0 = 7,281,886.9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega_1 &= \{-\Delta \omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\ &= \{-7,281,886.9 \times (1.519 + 3)\} / (4.210 + 1.519 + 6) = -2,805,535.3 \\ \omega_2 &= \{\Delta \omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\ &= \{7,281,886.9 \times (4.210 + 3)\} / (4.210 + 1.519 + 6) = 4,476,351.6\end{aligned}$$

▪ 솟구침 비틀림 상수

$$\begin{aligned}I_w &= H \times t_w / 3 \{ \omega_1^2 (2 + \beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2 (2 + \beta_l) \} \\ &= 4 \times 5,969,323.0^2 / \{ (2,608.4 + 2,608.4) / 12.0 + 2,412.0 / 53.0 \\ &\quad \times 4,476,351.64 + 4,476,351.6^2 \times (2 + 1.519) \} = 9.542\text{E}+17 \text{ mm}^6\end{aligned}$$

▪ 순수 비틀림 상수

$$\begin{aligned}K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_u + B_l / t_l \} \\ &= 4 \times 5,969,323.0^2 / \{ (2,530.5 + 2,530.5) / 12.0 + 2,412.0 / 53.0 \\ &\quad + 2,305.9 / 20.0 \} = 2.447\text{E}+11\end{aligned}$$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 49,450.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 2.447\text{E}+11}{205,000.0 \times 9.542\text{E}+17}} = 15.544$$

$\alpha = 15.54 > 10.0$ ※ 검토결과 $\alpha > 10$ 이므로 뒀비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(49,450.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	T_u	t_l	t_w	$F(\text{mm}^2)$	β_u	β_l	ϵ	q^*
단면-1	2,412.0	2,305.9	2,535.0	70.0	12.0	12.0	5.98E+06	5.550	0.910	11.667	18219.3
단면-2	2,412.0	2,305.9	2,522.5	45.0	12.0	12.0	5.95E+06	3.586	0.914	7.500	17692.3
단면-3	2,412.0	2,305.9	2,522.5	45.0	12.0	12.0	5.95E+06	3.586	0.914	7.500	17692.3
단면-4	2,412.0	2,305.9	2,530.5	53.0	20.0	12.0	5.97E+06	4.210	1.519	14.722	20378.1
단면-5	2,412.0	2,305.9	2,530.5	53.0	20.0	12.0	5.97E+06	4.210	1.519	14.722	20378.1
단면-6	2,414.0	2,307.9	2,534.5	53.0	28.0	14.0	5.98E+06	3.606	1.821	15.143	24332.9
단면-7	2,412.0	2,305.9	2,523.5	47.0	12.0	12.0	5.95E+06	3.744	0.914	7.833	17752.5
단면-8	2,412.0	2,305.9	2,523.5	47.0	12.0	12.0	5.95E+06	3.744	0.914	7.833	17752.5
단면-9	2,412.0	2,305.9	2,525.5	47.0	16.0	12.0	5.96E+06	3.741	1.217	10.444	19195.3

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	L	$I_w(\text{mm}^6)$	$K(\text{mm}^4)$	α	판 정
단면-1	6,838,787.6	-2,145,848.0	4,692,939.6	49,450.0	7.98E+17	2.20E+11	16.13	$\alpha > 10$
단면-2	6,694,300.8	-2,495,498.0	4,198,802.8	49,450.0	6.58E+17	2.13E+11	17.45	$\alpha > 10$
단면-3	6,694,300.8	-2,495,498.0	4,198,802.8	49,450.0	6.58E+17	2.13E+11	17.45	$\alpha > 10$
단면-4	7,281,886.9	-2,805,535.3	4,476,351.6	49,450.0	9.54E+17	2.45E+11	15.54	$\alpha > 10$
단면-5	7,281,886.9	-2,805,535.3	4,476,351.6	49,450.0	9.54E+17	2.45E+11	15.54	$\alpha > 10$
단면-6	7,397,030.9	-3,120,919.0	4,276,111.9	70,000.0	1.16E+18	2.92E+11	21.84	$\alpha > 10$
단면-7	6,709,606.3	-2,464,006.9	4,245,599.4	70,000.0	6.71E+17	2.13E+11	24.51	$\alpha > 10$
단면-8	6,709,606.3	-2,464,006.9	4,245,599.4	70,000.0	6.71E+17	2.13E+11	24.51	$\alpha > 10$
단면-9	7,018,571.3	-2,701,221.2	4,317,350.1	70,000.0	7.93E+17	2.30E+11	23.41	$\alpha > 10$

※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$ 일 경우 뒀비틀림에 대한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

4.6 2차 부정정력에 대한 영향 검토

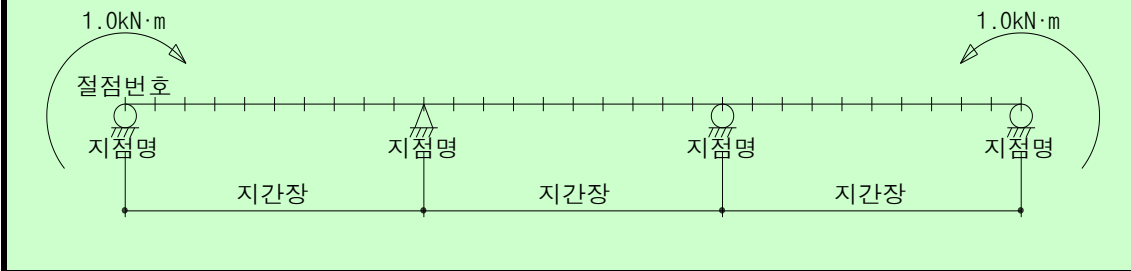
(강구조편람 제7장 P35)

※ 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생된다. 더구나 강합성형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축, 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.

1) 정정계의 모멘트에 영향계수 k 를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법

※ 영향계수 계산은 전산을 이용하여 산출하며 산출 방법은 양단에 단위 모멘트 $M = 1.0\text{kN}\cdot\text{m}$ 를 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값을 취한다.

[Input 예시]



[Output 요약 - 합성후]

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G1	1	A1		1.000
	2		49.45	0.893
	3			0.772
	4			0.652
	5			0.532
	6			0.411
	7			0.291
	8			0.170
	9			0.050
	10			-0.071
	11	P1		-0.191
	12		70	-0.191
	13			-0.191
	14			-0.191
	15			-0.191
	16			-0.191
	17			-0.191
	18			-0.191
	19			-0.191
	20			-0.191
	21			-0.191
	22			-0.191
	23			-0.191
	24			-0.191
	25	P2		-0.191

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G2	36	A1		1.000
	37		49.45	0.893
	38			0.773
	39			0.652
	40			0.531
	41			0.411
	42			0.290
	43			0.169
	44			0.048
	45			-0.072
	46	P1		-0.193
	47		70	-0.193
	48			-0.193
	49			-0.193
	50			-0.193
	51			-0.192
	52			-0.192
	53			-0.192
	54			-0.192
	55			-0.192
	56			-0.192
	57			-0.192
	58			-0.191
	59			-0.191
	60	P2		-0.191

[Output 요약 - 합성후]

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G1	26		49.45	-0.071
	27			0.050
	28			0.170
	29			0.291
	30			0.411
	31			0.532
	32			0.652
	33			0.772
	34			0.893
	35	A2		1.000

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G2	61		49.45	-0.071
	62			0.050
	63			0.170
	64			0.291
	65			0.411
	66			0.532
	67			0.653
	68			0.773
	69			0.894
	70	A2		1.000

2) k 값의 적용방법

※ k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내의 발생하는 2차모멘트를 계산하는 데 이용된다.

(1) 바닥판 콘크리트의 크리프

(도.설.해 3.9.2.6)

바닥판 콘크리트	$\Delta f_c = \frac{1}{n_1} \left[\frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}} \right] - E_{c1} \frac{f_c}{E_c} \phi_1$
강재거더	$\Delta f_s = \frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}$
여기서,	$P_\phi = E_{c1} A_c \varepsilon_{\phi 0} = E_{c1} A_c \frac{N_c}{E_c A_c} \phi_1 = N_c \frac{2\phi_1}{2 + \phi_1}$
	$M_\phi = P_\phi \left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c} \right] \approx P_\phi \cdot d_{c1}$

(2) 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차

(도.설.해 3.9.2.7)

바닥판 콘크리트	$f_c = \frac{1}{n} \left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v} \right] - E_c \varepsilon_t$
강재거더	$f_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}$
여기서,	$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta_t$ (콘크리트가 인장이 되는 경우, 즉 강재거더 쪽이 고온인 경우를 정으로 한다)
	$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n} \quad M_v = P_1 \cdot d_c$

(3) 바닥판 콘크리트의 건조수축

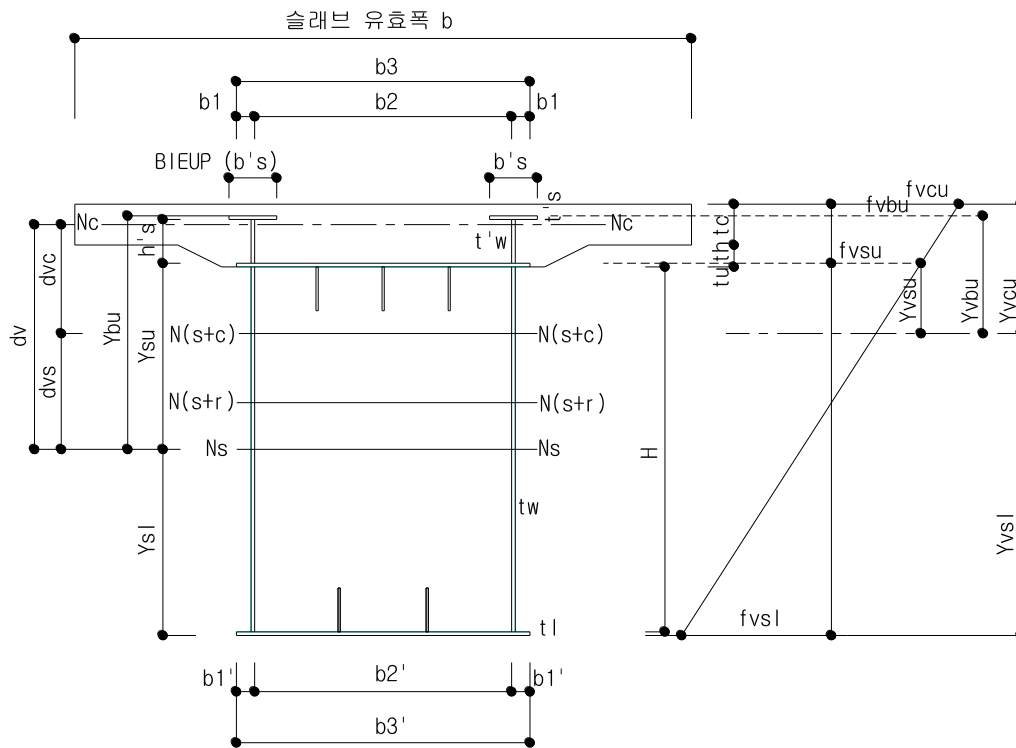
(도.설.해 3.9.2.8)

바닥판 콘크리트	$f_c = \frac{1}{n_2} \left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2} y_{v2}}{I_{v2}} \right] - E_{c2} \varepsilon_s$
강재거더	$f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2} y_{v2}}{I_{v2}}$
여기서,	$E_2 = \frac{E_s}{n_2}$
	$P_2 = \frac{E_s \varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2} \varepsilon_s A_c \quad M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$

4.7 단면검토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 1] : 절점 1 로 부터 이격거리 2.495 m

1) 단면가정 및 설계조건



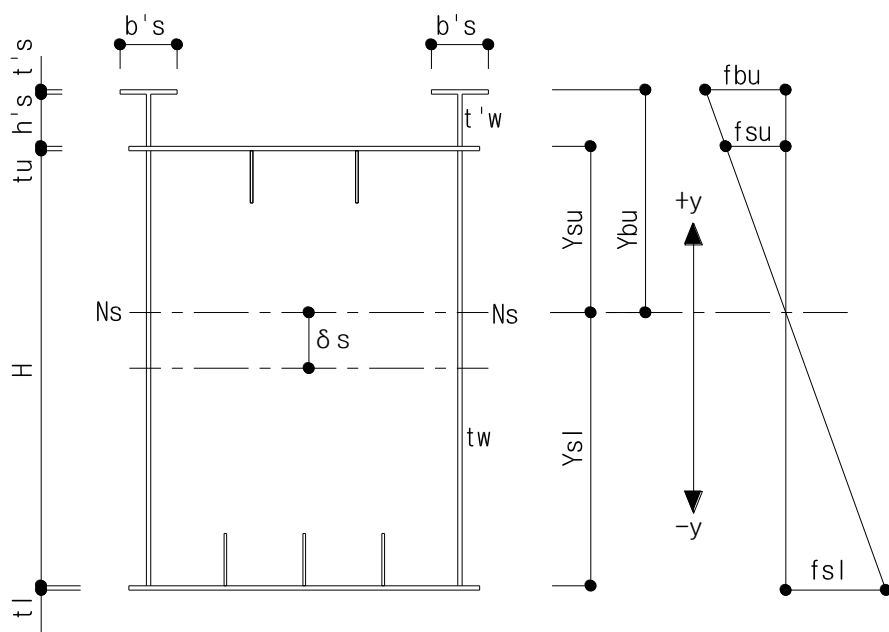
b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	480	mm
th	=	0	mm
H	=	2000	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리프계수 ϕ_1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	2169.416
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	652.891
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	44.514
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	1915.344
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-793.680
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-242.452
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-15.749
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-819.938
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-359.815
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-151.422
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-79.743
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-963.000
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재 자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽 자중 + 포장하중

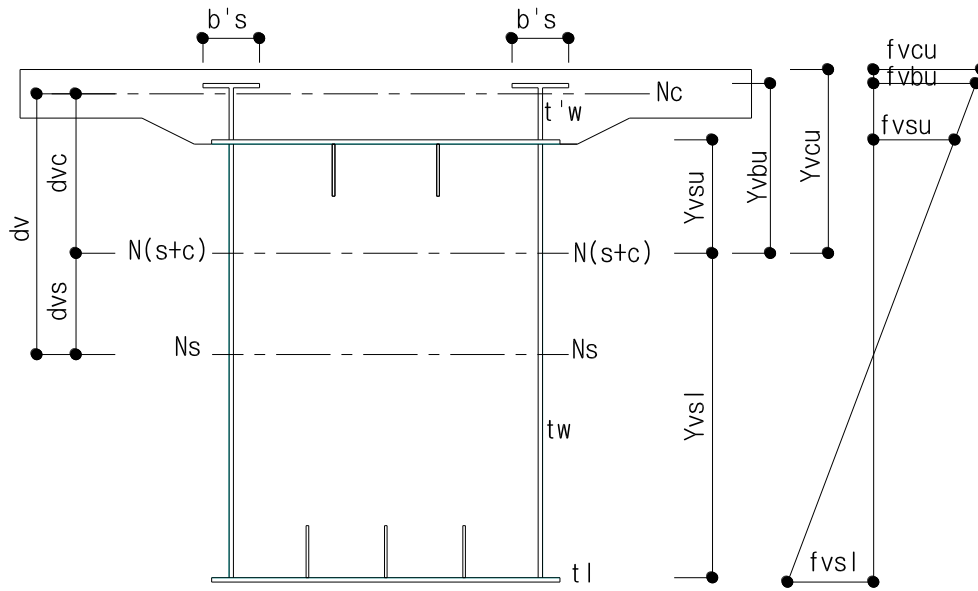
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1005	26532000	26664660000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	940	6768000	6361920000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2000	X 12	48000	0	0	0	16000000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-940	-2707200	2544768000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1006	-31870080	32061300480	380160
TOTAL					116160		-1277280	67632648480	16012696160
바닥판	1	;	6187	X 480	2969894.40	1240	3.683E+09	4.56651E+12	57021972480

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 19.626 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6187.3 \times 480 = 2969894.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 116160 + 2969894 / 8 = 487396.800 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6187.3 \times 480^3) / 12 = 57021972480 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2000 / 2 - 10.996 + 0 + 480 / 2 = 1250.996 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1250.996 \times 116160 / 487397 = 298.147 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1250.996 - 298.147 = 952.849 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 83,631,299,838 + 57021972480 / 8 + 116160 \times 952.85^2 + (2969894 / 8) \times 298.147^2 = 229,222,991,278 \text{ mm}^4 = 0.229 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \times (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2000 + (10 + 480 / 8) / 2 + 12 / 2 \} = 4,922,892 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 538.147 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 58.147 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 68.147 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1953.853 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.192 \text{ Mpa} : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.021 \text{ Mpa} : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.194 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -5.565 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 6.333 \text{ Mpa}$$

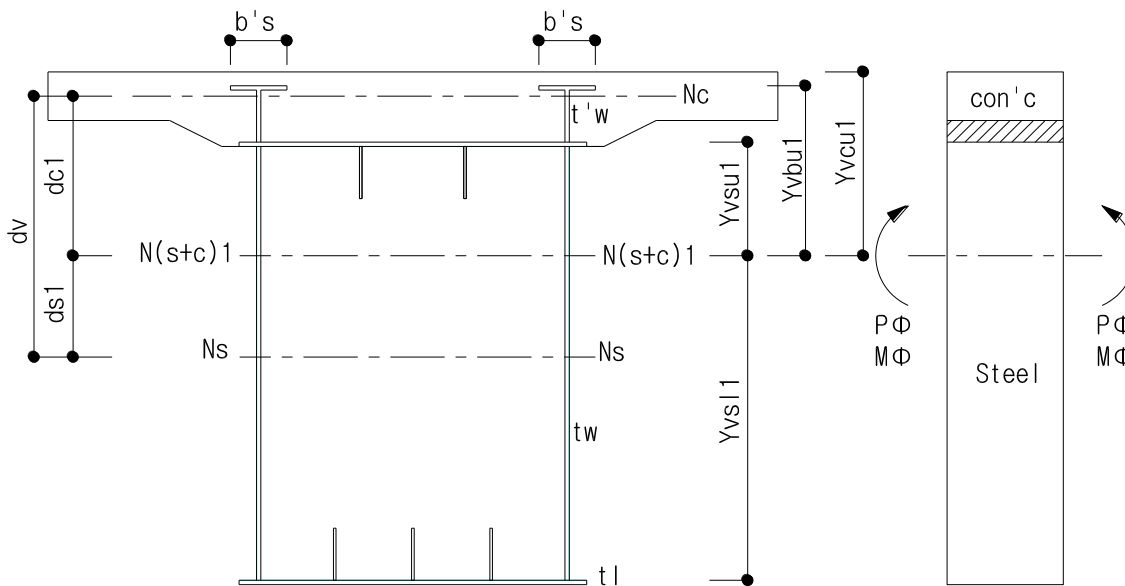
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.562 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.061 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.569 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -16.326 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_v t / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 25.233 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.013 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.001 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.013 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.379 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_w t / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.003 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

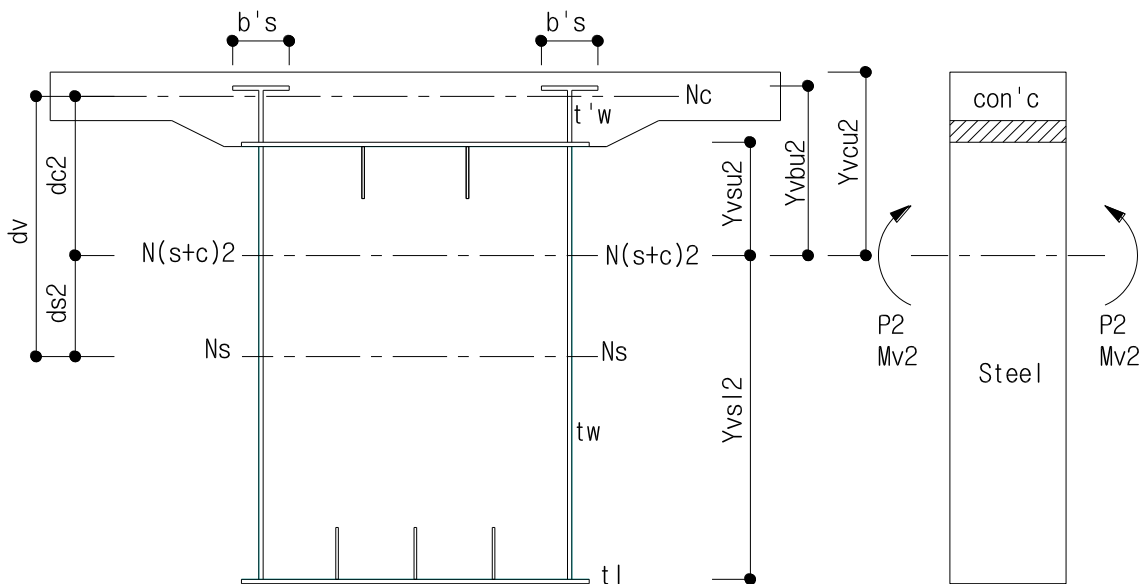
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 480 = 2969894.400 \text{ mm}^2 \\
 n_1 &= n \times (1 + \Phi_1 / 2) : \text{크리프계수}(\Phi_1) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 116160 + 2969894 / 16 = 301778.400 \text{ mm}^2 \\
 d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 = 2000 / 2 - 10.996 + 0 + 480 / 2 = 1250.996 \text{ mm} \\
 k &= 0.940 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 d_{c1} &= d_v \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1250.996 \times 116160 / (2969894 / 16 + 116160) = 481.531 \text{ mm} \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 1250.996 - 481.531 = 769.465 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= d_{c1} + t_c / 2 = 721.531 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 241.531 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 461.531 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 251.531 &\text{mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1770.469 &\text{mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times ds_1^2 + (A_c / n_1) \times dc_1^2 \\
&= 83,631,299,838 + 57021972480 / 16 + 116160 \times 769.465^2 + (2969894 / 16) \times 481.531^2 &= 199,010,471,446 &\text{mm}^4 = 0.199 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 315255.9 &\text{N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 315255.9 &\text{N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot dc_1 &= 151805531.0 &\text{N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.192 &\text{Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33}) &= 0.021 &\text{Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.094 &\text{Mpa} \quad : \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= 0.055 &\text{Mpa} \quad : \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{Mpa} \quad : \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 1.225 &\text{Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= -0.225 &\text{Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

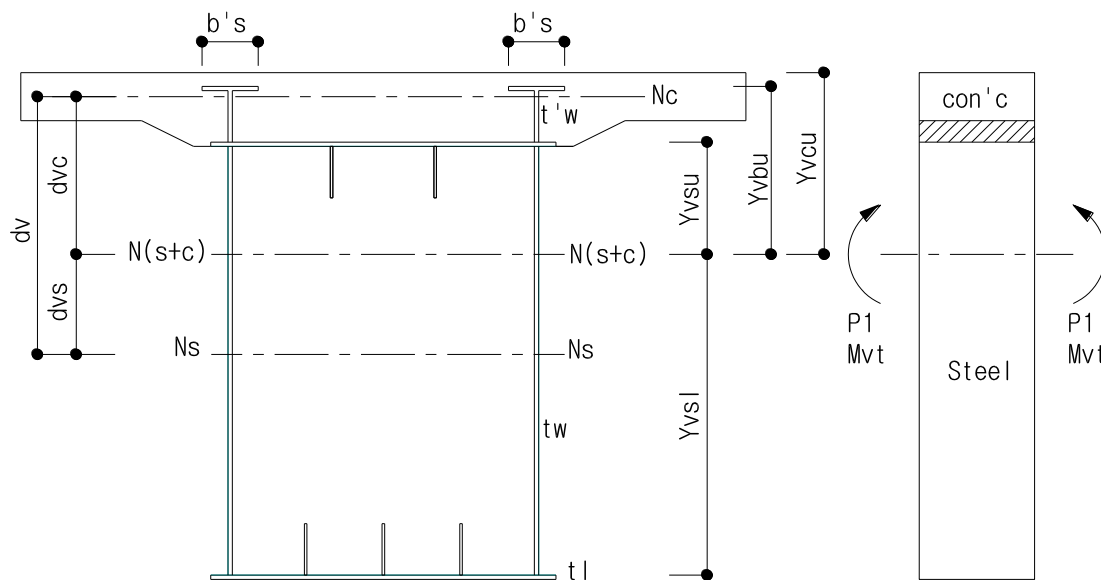
(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c \\
&= 6187.3 \times 480 &= 2969894.400 &\text{mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi_2) \quad 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 \\
&= 116160 + 2969894 / 24 &= 239905.600 &\text{mm}^2 \\
dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 \\
&= 2000 / 2 - 10.996 + 0 + 480 / 2 &= 1250.996 &\text{mm} \\
dc_2 &= dv \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1250.996 \times 116160 / (2969894 / 24 + 116160) &= 605.720 &\text{mm} \\
ds_2 &= dv - dc_1 \\
&= 1250.996 - 605.720 &= 645.276 &\text{mm} \\
Y_{vcu2} &= dc_2 + t_c / 2 &= 845.720 &\text{mm} \\
Y_{vcl2} &= Y_{vcu2} - t_c &= 365.720 &\text{mm}
\end{aligned}$$

$Y_{vbu2} = Y_{vc12} - t_h + 220$	=	585.720	mm	
$Y_{vsu2} = Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u$	=	375.720	mm	
$Y_{vs12} = Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l)$	=	-1646.280	mm	
$I_{vd33} = I_{33} + I_c / n_2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n_2) \times d_c^2$				
$= 83,631,299,838 + 57021972480 / 24 + 116160 \times 645.276^2 + (2969894 / 24) \times 605.720^2$	=	179,775,880,547	mm ⁴	= 0.180 m ⁴
$P_2 = E_s \times \epsilon_s \times A_c / n_2$	=	6849319.0	N	
$M_{v2} = P_2 \times d_c$	=	4148771192.5	N-mm	
$E_{c2} = E_s / n_2$	=	8541.667	Mpa	
$f_{vcu4} = 1/n_2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \epsilon_s$	=	-0.352	Mpa	: 상단(콘크리트)
$f_{vc14} = 1/n_2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vc12}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \epsilon_s$	=	-0.786	Mpa	: 하단(콘크리트)
$f_{vbu4} =$	=	0.000	Mpa	: biuep F.L
$f_{vsu4} = P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33}$	=	36.699	Mpa	: 상연(강재)
$f_{vs14} = P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vs12} / I_{vd33}$	=	-7.155	Mpa	: 하연(강재)

(7) 온도차



$\epsilon t = \alpha \times t$	: 온도변화(t)= 10	---- 도.설 2.1.12	
$= 0.000012 \times 10$		$= 0.00012$	
$P1 = Es \times \epsilon t \times Ac / n$		$= 9132425$	N
$Mvt = P1 \times dvc$		$= 2722801195$	N
$f_{vcu5} = 1/n \times (P1/Av + k \times Mvt \times Yvcu / Iv33) - Ec \times \epsilon t$		$= -0.350$	Mpa : 상단(콘크리트)
$f_{vc15} = 1/n \times (P1/Av + k \times Mvt \times Yvc1 / Iv33) - Ec \times \epsilon t$		$= -1.020$	Mpa : 하단(콘크리트)
$f_{vbu5} =$		$= 0.000$	Mpa : biuep F.L
$f_{vsu5} = P1 / Av + k \times Mvt \times Yvsu / Iv33$		$= 19.498$	Mpa : 상연(강재)
$f_{vs15} = P1 / Av + k \times Mvt \times Yvs1 / Iv33$		$= -3.075$	Mpa : 하연(강재)

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\sigma = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 51.191 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = 125 \text{ Mpa} \quad \therefore \sigma < \sigma_a \quad \text{O.K.}!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 26.962 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 51.693 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 활용 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	26.485	-25.966	135.100	215.000
1+2+3	0.754	0.081	10.800	10.800	0.000	215.000	27.248	-47.857	215.000	215.000
1+2+3+5	0.660	0.137	10.800	10.800	0.000	247.250	28.473	-48.082	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.307	-0.649	10.800	1.890	0.000	247.250	65.172	-55.237	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.043	-1.669	2.174	2.174	0.000	279.500	84.670	-58.312	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	0.657	0.371	12.420	12.420	0.000	279.500	45.674	-52.163	279.500	247.250
1+2+4	0.205	0.022	12.960	12.960	0.000	258.000	26.692	-31.911	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	0.760	0.082	13.500	13.500	0.000	268.750	27.255	-48.047	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	0.666	0.138	13.500	13.500	0.000	268.750	28.480	-48.272	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.314	-0.649	13.500	2.363	0.000	268.750	65.179	-55.427	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.036	-1.669	2.552	2.552	0.000	290.250	84.677	-58.502	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.664	0.371	14.580	14.580	0.000	290.250	45.681	-52.352	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	19.6%	12.1%	OK	OK
1+2+3	7.0%	0.8%	OK	OK	0.0%	OK	12.7%	22.3%	OK	OK
1+2+3+5	6.1%	1.3%	OK	OK	0.0%	OK	11.5%	22.4%	OK	OK
1+2+3+5+6	2.8%	6.0%	OK	OK	0.0%	OK	26.4%	25.7%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.0%	76.8%	OK	OK	0.0%	OK	30.3%	23.6%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.3%	3.0%	OK	OK	0.0%	OK	16.3%	21.1%	OK	OK
1+2+4	1.6%	0.2%	OK	OK	0.0%	OK	10.3%	12.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	5.6%	0.6%	OK	OK	0.0%	OK	10.1%	17.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	4.9%	1.0%	OK	OK	0.0%	OK	10.6%	18.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	2.3%	4.8%	OK	OK	0.0%	OK	24.3%	20.6%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	1.4%	65.4%	OK	OK	0.0%	OK	29.2%	20.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	4.6%	2.5%	OK	OK	0.0%	OK	15.7%	18.0%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.038	0.015	0.168	0.168	0.206	0.182	OK	OK
1+2+3	0.016	0.050	0.168	0.168	0.184	0.217	OK	OK
1+2+3+5	0.013	0.050	0.168	0.168	0.181	0.218	OK	OK
1+2+3+5+6	0.069	0.066	0.168	0.168	0.237	0.234	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.092	0.056	0.168	0.168	0.259	0.223	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.027	0.045	0.168	0.168	0.194	0.212	OK	OK
1+2+4	0.011	0.015	0.032	0.032	0.043	0.048	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.010	0.032	0.109	0.109	0.120	0.141	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.011	0.032	0.109	0.109	0.121	0.142	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.059	0.043	0.109	0.109	0.168	0.152	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.085	0.041	0.109	0.109	0.195	0.150	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.025	0.033	0.109	0.109	0.134	0.142	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{84.670}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{51.191}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.092 + 0.168 = 0.259 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-55.237}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{51.191}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.066 + 0.168 = 0.234 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2000 / (206 \times 1.2) = 8.0906 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 26.5} = 2.85 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

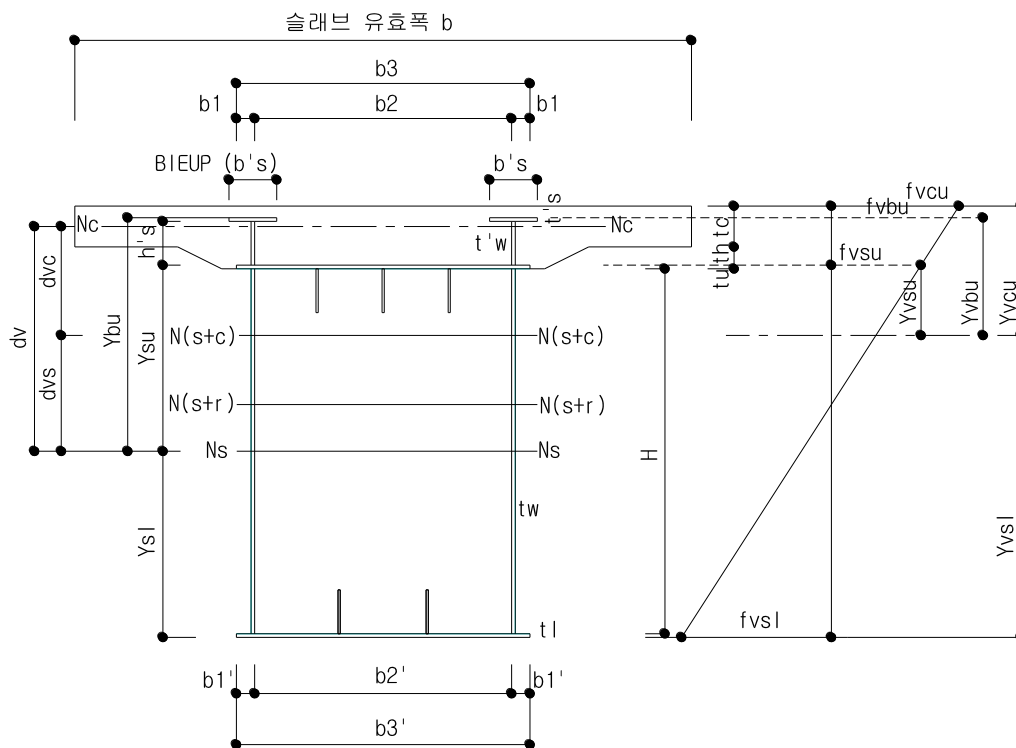
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	34.430	-33.756	355.000	OK	OK
1+2+3	1.458	0.157	16.200	OK	0.000	35.907	-76.092	355.000	OK	OK
1+2+3+7	1.808	1.177	16.200	OK	0.000	55.405	-79.166	355.000	OK	OK
1+2+3+5	1.364	0.213	16.200	OK	0.000	37.132	-76.316	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	1.011	-0.573	16.200	OK	0.000	73.831	-83.472	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.661	-1.593	16.200	OK	0.000	93.329	-86.546	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	1.361	0.447	16.200	OK	0.000	54.333	-80.397	355.000	OK	OK
1+2+4	0.262	0.028	16.200	OK	0.000	34.696	-41.370	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	1.464	0.158	16.200	OK	0.000	35.914	-76.282	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	1.114	-0.862	16.200	OK	0.000	55.411	-79.356	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	1.370	0.214	16.200	OK	0.000	37.139	-76.506	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.018	-0.573	16.200	OK	0.000	73.837	-83.661	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.668	-1.592	16.200	OK	0.000	93.335	-86.736	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.368	0.447	16.200	OK	0.000	54.340	-80.587	355.000	OK	OK

4.6 단면검토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 2] : 절점 31 로 부터 이격거리 1.248 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리프계수 ϕ_1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	7107.802
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	2192.784
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	83.796
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	7336.473
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-77.465
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-21.263
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-2.081
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-397.808
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	88.777
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-2.169
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	36.342
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	678.531
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

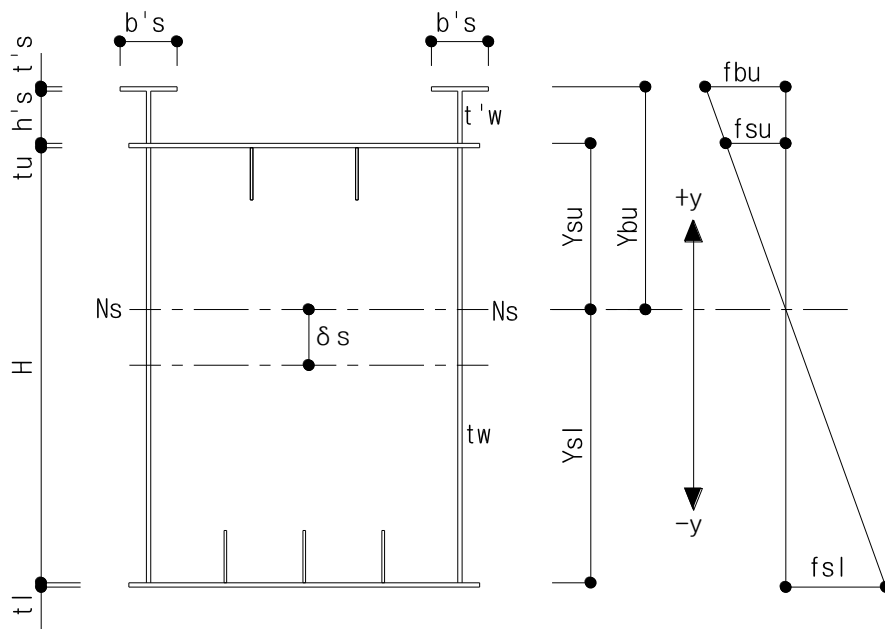
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					120960		-1373280	81889704480	21308696160
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$I_{s'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_o = 81889704480 + 21308696160 = 103198400640 \text{ mm}^4$$

$$\delta_s = \sum A_s Y / \sum A_s = -1373280 / 120960 = -11.353 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum A_s \times \delta_s^2 = 103198400640 - 120960 \times (-11.353)^2 = 103,182,809,552 \text{ mm}^4 = 0.103 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta_s = 2200 / 2 + 10 - (-11.353) = 1121.353 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1121.353 - 2222 = -1100.647 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,332,932 \text{ mm}^2$$

$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_{33} = 77.245 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_{33} = -75.819 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 2.161 \text{ Mpa}$$

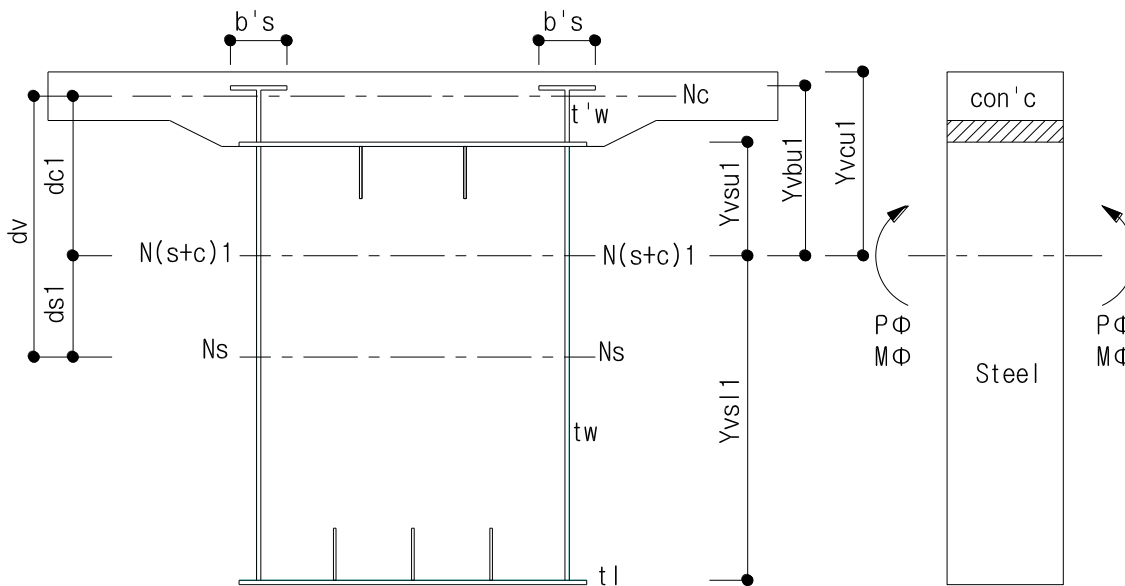
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.387 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.251 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.332 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -61.759 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 12.794 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.027 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.014 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.118 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.705 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.321 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

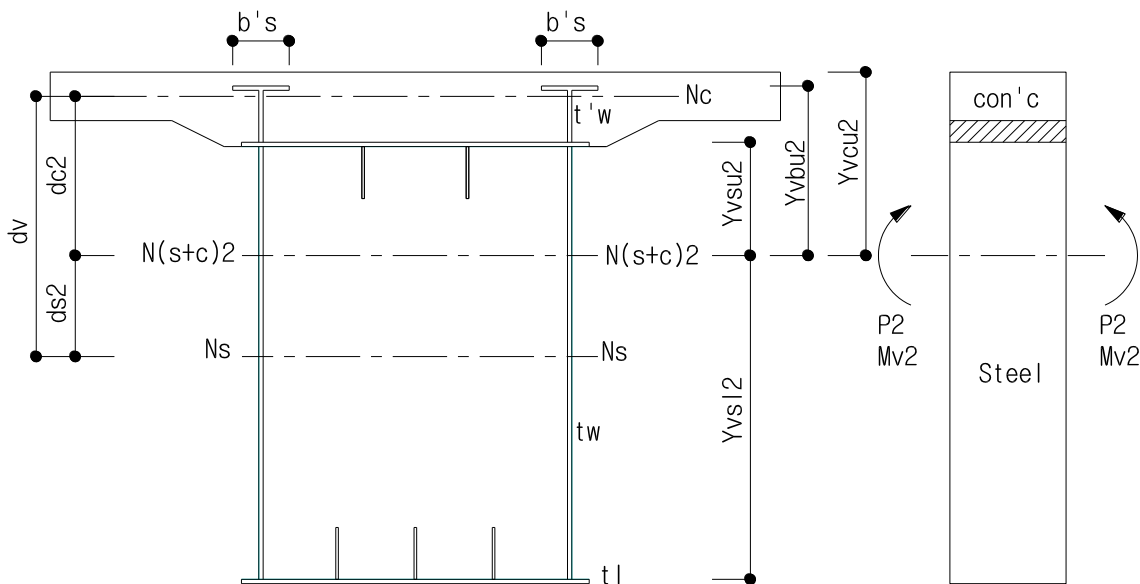
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 120960 + 1732438 / 16 = 229237.400 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + th + tc/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm} \\
 k &= 0.592 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 16 + 120960) = 660.292 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1251.353 - 660.292 = 591.061 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 800.292 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 520.292 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - th + 220 = 740.292 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 530.292 &\text{ mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1691.708 &\text{ mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d_{s1}^2 + (A_c / n_1) \times d_{c1}^2 \\
&= 103,182,809,552 + 11318597547 / 16 + 120960 \times 591.061^2 + (1732438 / 16) \times 660.292^2 &= 193,355,377,647 &\text{ mm}^4 = 0.193 &\text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 941765.1 &\text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 941765.1 &\text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} &= 621840225.5 &\text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{ Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.713 &\text{ Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vc1} / (n \times I_{vc33}) &= 0.374 &\text{ Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.361 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vc13} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vc11} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.055 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 5.117 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 0.889 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6187.3 \times 280 &= 1732438.400 &\text{ mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) &: \text{크리프계수}(\Phi_2) \ 4.0 &\text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 120960 + 1732438 / 24 &= 193144.933 &\text{ mm}^2 \\
d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 &= 1251.353 &\text{ mm} \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) &: \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 24 + 120960) &= 783.679 &\text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c1} &= 1251.353 - 783.679 &= 467.674 &\text{ mm} \\
Y_{vcu2} &= d_{c2} + t_c / 2 &= 923.679 &\text{ mm} \\
Y_{vc12} &= Y_{vcu2} - t_c &= 643.679 &\text{ mm}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 2.868 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 15.501 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	77.245	-75.819	135.100	215.000
1+2+3	3.100	1.625	10.800	10.800	0.000	215.000	90.666	-156.036	215.000	215.000
1+2+3+5	2.738	1.570	10.800	10.800	0.000	247.250	95.783	-155.148	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.703	0.410	10.800	10.800	0.000	247.250	123.413	-151.120	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.693	-0.819	12.420	2.174	0.000	279.500	141.187	-147.237	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.713	1.639	12.420	12.420	0.000	279.500	105.638	-155.002	279.500	247.250
1+2+4	0.741	0.388	12.960	12.960	0.000	258.000	80.451	-94.983	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	3.113	1.632	13.500	13.500	0.000	268.750	90.725	-156.389	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.752	1.577	13.500	13.500	0.000	268.750	95.842	-155.500	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.717	0.417	13.500	13.500	0.000	268.750	123.472	-151.473	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.706	-0.812	14.580	2.552	0.000	290.250	141.246	-147.590	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.727	1.647	14.580	14.580	0.000	290.250	105.697	-155.355	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	57.2%	35.3%	OK	OK
1+2+3	28.7%	15.0%	OK	OK	0.0%	OK	42.2%	72.6%	OK	OK
1+2+3+5	25.4%	14.5%	OK	OK	0.0%	OK	38.7%	72.2%	OK	OK
1+2+3+5+6	15.8%	3.8%	OK	OK	0.0%	OK	49.9%	70.3%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	5.6%	6.6%	OK	OK	0.0%	OK	50.5%	59.5%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	21.8%	13.2%	OK	OK	0.0%	OK	37.8%	62.7%	OK	OK
1+2+4	5.7%	3.0%	OK	OK	0.0%	OK	31.2%	36.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	23.1%	12.1%	OK	OK	0.0%	OK	33.8%	58.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	20.4%	11.7%	OK	OK	0.0%	OK	35.7%	57.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	12.7%	3.1%	OK	OK	0.0%	OK	45.9%	56.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	4.8%	5.6%	OK	OK	0.0%	OK	48.7%	50.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	18.7%	11.3%	OK	OK	0.0%	OK	36.4%	53.5%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.327	0.124	0.015	0.015	0.342	0.139	OK	OK
1+2+3	0.178	0.527	0.015	0.015	0.193	0.542	OK	OK
1+2+3+5	0.150	0.521	0.015	0.015	0.165	0.536	OK	OK
1+2+3+5+6	0.249	0.494	0.015	0.015	0.264	0.509	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.255	0.355	0.015	0.015	0.270	0.370	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.143	0.393	0.015	0.015	0.158	0.408	OK	OK
1+2+4	0.097	0.136	0.000	0.000	0.098	0.136	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.114	0.339	0.010	0.010	0.124	0.348	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.127	0.335	0.010	0.010	0.137	0.345	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.211	0.318	0.010	0.010	0.221	0.328	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.237	0.259	0.010	0.010	0.247	0.268	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.133	0.286	0.010	0.010	0.142	0.296	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{77.245}{135.100}\right)^2 + \left(\frac{15.374}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.327 + 0.015 = 0.342 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-156.036}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{15.374}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.527 + 0.015 = 0.542 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 77.2} = 1.67 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

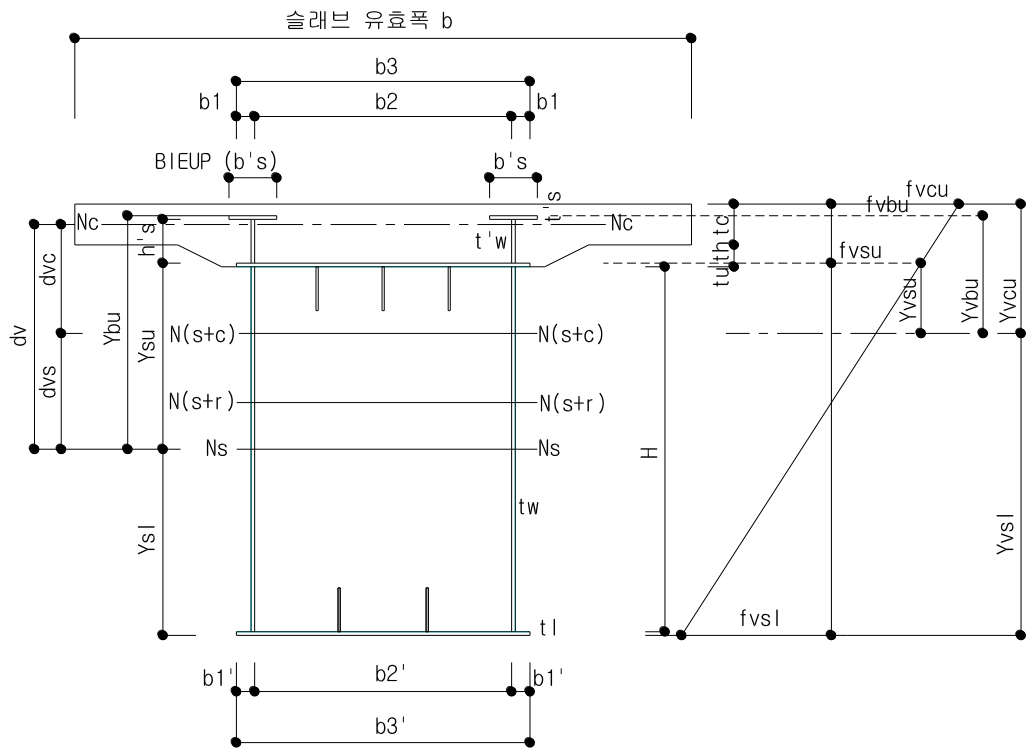
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	100.419	-98.564	355.000	OK	OK
1+2+3	6.058	3.176	16.200	OK	0.000	126.648	-255.342	355.000	OK	OK
1+2+3+7	7.069	4.405	16.200	OK	0.000	144.423	-259.225	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.697	3.120	16.200	OK	0.000	131.765	-254.453	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	4.661	1.961	16.200	OK	0.000	159.395	-250.426	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	3.651	0.732	16.200	OK	0.000	177.170	-246.543	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.672	3.190	16.200	OK	0.000	141.620	-254.308	355.000	OK	OK
1+2+4	0.955	0.500	16.200	OK	0.000	104.551	-123.266	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	6.072	3.183	16.200	OK	0.000	126.707	-255.695	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	5.062	1.954	16.200	OK	0.000	144.482	-251.812	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.711	3.128	16.200	OK	0.000	131.824	-254.806	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	4.675	1.968	16.200	OK	0.000	159.454	-250.778	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	3.665	0.739	16.200	OK	0.000	177.229	-246.896	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.685	3.197	16.200	OK	0.000	141.679	-254.661	355.000	OK	OK

4.6 단면검토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 3] : 절점 29 로 부터 이격거리 3.744 m

1) 단면가정 및 설계조건



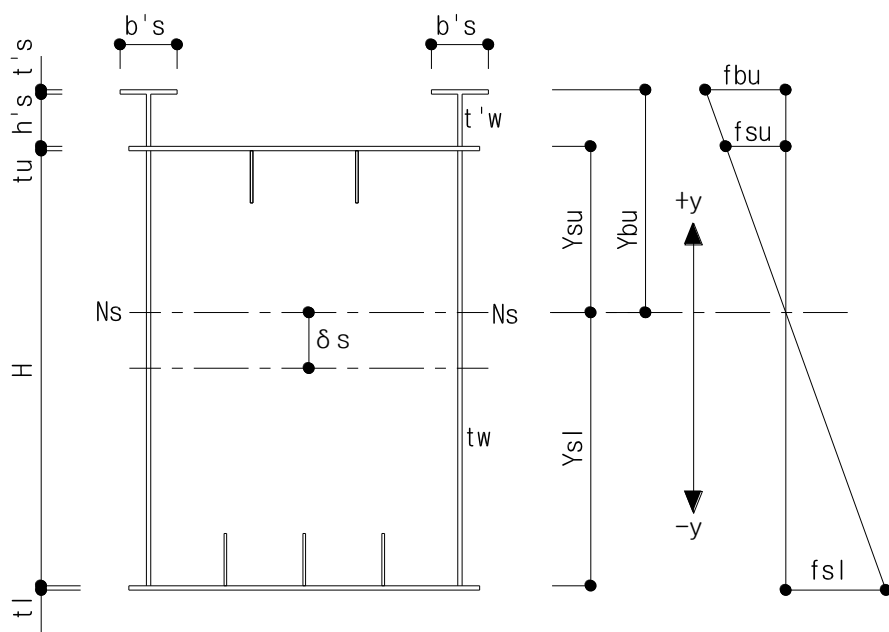
b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	4277.597
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	1346.202
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	63.951
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	7543.126
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-586.048
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-175.165
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-1.590
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-548.643
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-189.569
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-125.124
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-35.824
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-666.337
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1025	-10762500	11031562500	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					128580		-9140580	89806258980	21324927660
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = \underline{12.581} \quad \text{Mpa}$$

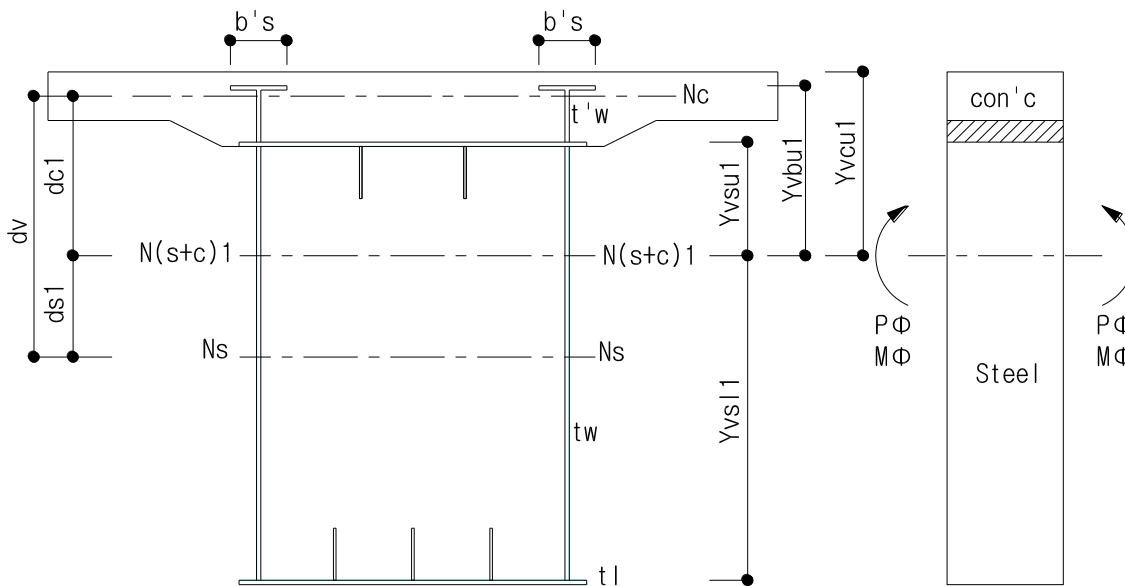
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.365 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.311 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.790 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -56.099 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 15.556 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.020 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.011 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.091 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.476 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.308 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

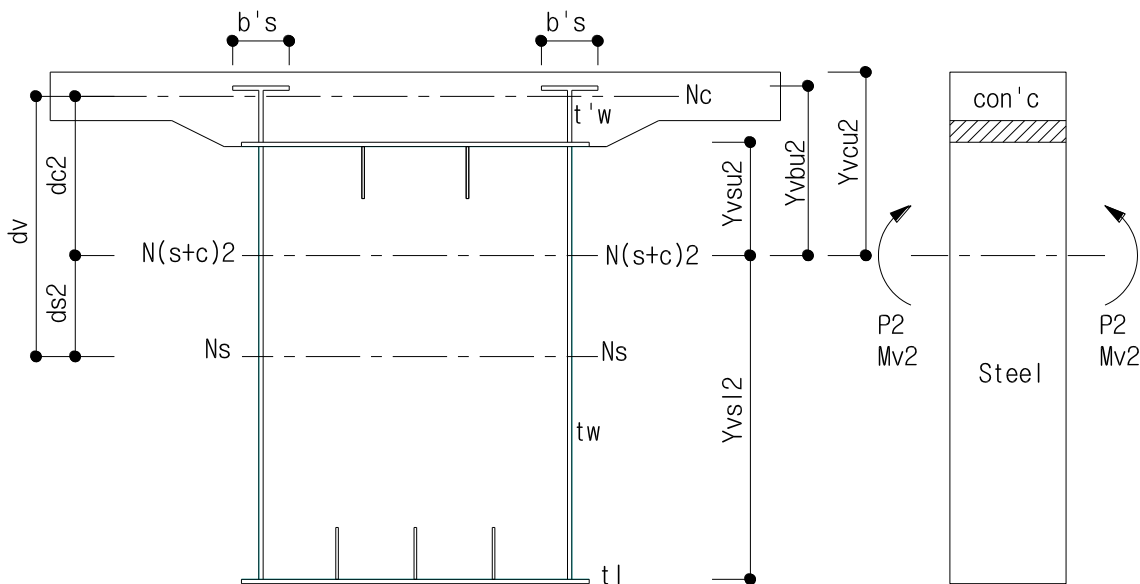
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi 1 / 2) : \text{크리프계수}(\Phi 1) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 128580 + 1732438 / 16 = 236857.400 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + th + tc/2 = 2200 / 2 - 71.089 + 0 + 280 / 2 = 1311.089 \text{ mm} \\
 k &= 0.381 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1311.089 \times 128580 / (1732438 / 16 + 128580) = 711.735 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1311.089 - 711.735 = 599.353 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 851.735 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 571.735 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - th + 220 = 791.735 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 581.735 &\text{ mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1640.265 &\text{ mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n1 + A_s \times ds1^2 + (A_c / n1) \times dc1^2 \\
&= 110,481,395,049 + 11318597547 / 16 + 128580 \times 599.353^2 + (1732438 / 16) \times 711.735^2 &= 212,227,659,860 &\text{ mm}^4 = 0.212 &\text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 568268.2 &\text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) &= 568268.2 &\text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot dc1 &= 404456588.0 &\text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) &= 14346.700 &\text{ Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.422 &\text{ Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33}) &= 0.234 &\text{ Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi1 / E_c &= -0.233 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl3} &= 1/n1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi1 / E_c &= -0.058 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 2.822 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 1.208 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

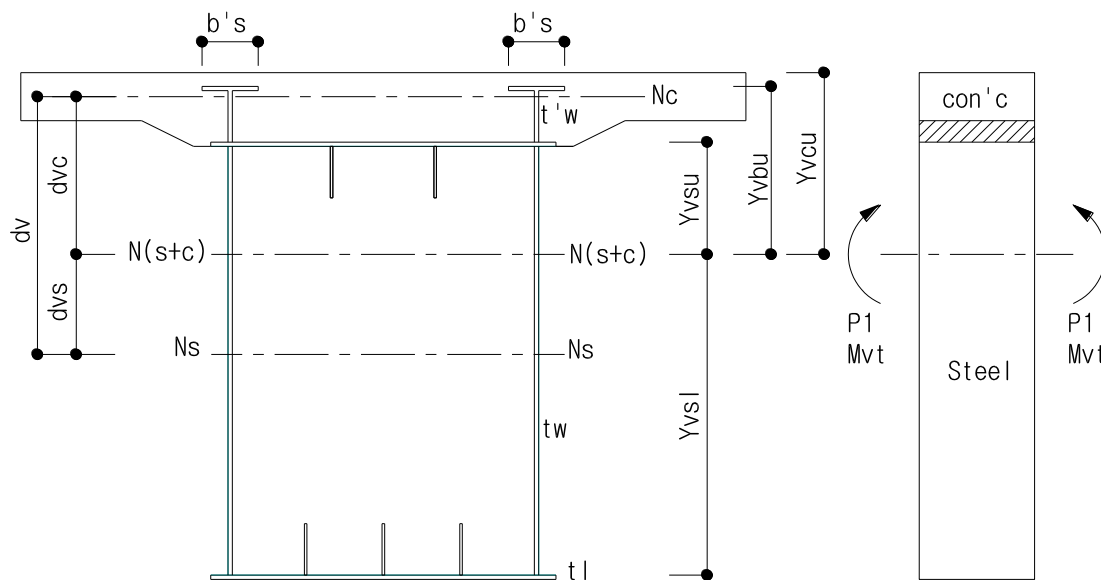
(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6187.3 \times 280 &= 1732438.400 &\text{ mm}^2 \\
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) &: \text{크리프계수}(\Phi2) &4.0 &\text{ --- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 & \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 &= 128580 + 1732438 / 24 &= 200764.933 &\text{ mm}^2 \\
dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 71.089 + 0 + 280 / 2 &= 1311.089 &\text{ mm} \\
dc2 &= dv \times A_s / (A_c / n2 + A_s) &: \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} & \\
&= 1311.089 \times 128580 / (1732438 / 24 + 128580) &= 839.687 &\text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc1 &= 1311.089 - 839.687 &= 471.401 &\text{ mm} \\
Y_{vcu2} &= dc2 + t_c / 2 &= 979.687 &\text{ mm} \\
Y_{vcl2} &= Y_{vcu2} - t_c &= 699.687 &\text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vc12} - t_h + 220 &= 919.687 &\text{mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 709.687 &\text{mm} \\
Y_{vs12} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1512.313 &\text{mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 110,481,395,049 + 11318597547 / 24 + 128580 \times 471.401^2 + (1732438 / 24) \times 839.687^2 &= 190,421,728,210 &\text{mm}^4 = 0.190 &\text{m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 3995436.1 &\text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3354917219.9 &\text{N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.203 &\text{Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vc14} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vc12}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.281 &\text{Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 24.665 &\text{Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vs14} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vs12} / I_{vd33} &= 9.749 &\text{Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 & \text{---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5327248 &\text{N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2602074057 &\text{N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.203 &\text{Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vc15} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vc1} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.341 &\text{Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 16.854 &\text{Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vs15} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vs1} / I_{v33} &= 8.062 &\text{Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + \{ M_{st}/(2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 32.424 &\text{Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{O.K.!!}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 17.176 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 32.578 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t3 ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t3 < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t's ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t's < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t's \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t's < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t's \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,
, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa
 $f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용
 $f_{ca} = 0.4 \times f_{ck} = 10.800$ MPa
 $f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	45.729	-40.302	135.100	215.000
1+2+3	2.787	1.545	10.800	10.800	0.000	215.000	58.445	-106.412	215.000	215.000
1+2+3+5	2.553	1.487	10.800	10.800	0.000	247.250	61.267	-105.204	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.350	0.206	10.800	10.800	0.000	247.250	85.932	-95.455	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.147	-1.136	12.420	2.174	0.000	279.500	102.786	-87.394	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.553	1.547	12.420	12.420	0.000	279.500	69.079	-103.517	279.500	247.250
1+2+4	0.442	0.245	12.960	12.960	0.000	258.000	47.746	-50.789	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	2.797	1.551	13.500	13.500	0.000	268.750	58.491	-106.650	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.563	1.493	13.500	13.500	0.000	268.750	61.313	-105.442	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.360	0.211	13.500	13.500	0.000	268.750	85.978	-95.693	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.157	-1.130	14.580	2.552	0.000	290.250	102.831	-87.631	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.563	1.553	14.580	14.580	0.000	290.250	69.124	-103.755	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /
4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력
*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	33.8%	18.7%	OK	OK
1+2+3	25.8%	14.3%	OK	OK	0.0%	OK	27.2%	49.5%	OK	OK
1+2+3+5	23.6%	13.8%	OK	OK	0.0%	OK	24.8%	48.9%	OK	OK
1+2+3+5+6	12.5%	1.9%	OK	OK	0.0%	OK	34.8%	44.4%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	1.2%	9.1%	OK	OK	0.0%	OK	36.8%	35.3%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	20.6%	12.5%	OK	OK	0.0%	OK	24.7%	41.9%	OK	OK
1+2+4	3.4%	1.9%	OK	OK	0.0%	OK	18.5%	19.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	20.7%	11.5%	OK	OK	0.0%	OK	21.8%	39.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	19.0%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	22.8%	39.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	10.1%	1.6%	OK	OK	0.0%	OK	32.0%	35.6%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	1.1%	7.8%	OK	OK	0.0%	OK	35.4%	30.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	17.6%	10.6%	OK	OK	0.0%	OK	23.8%	35.7%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.115	0.035	0.067	0.067	0.182	0.102	OK	OK
1+2+3	0.074	0.245	0.067	0.067	0.141	0.312	OK	OK
1+2+3+5	0.061	0.239	0.067	0.067	0.129	0.307	OK	OK
1+2+3+5+6	0.121	0.197	0.067	0.067	0.188	0.264	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.135	0.125	0.067	0.067	0.203	0.192	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.061	0.175	0.067	0.067	0.128	0.243	OK	OK
1+2+4	0.034	0.039	0.013	0.013	0.047	0.052	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.047	0.157	0.043	0.043	0.091	0.201	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.052	0.154	0.043	0.043	0.096	0.197	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.102	0.127	0.043	0.043	0.146	0.170	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.126	0.091	0.043	0.043	0.169	0.135	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.057	0.128	0.043	0.043	0.100	0.171	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{102.786}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{32.424}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.135 + 0.067 = 0.203 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-106.412}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{32.424}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.245 + 0.067 = 0.312 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 6) = 5.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 45.7} = 2.17 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

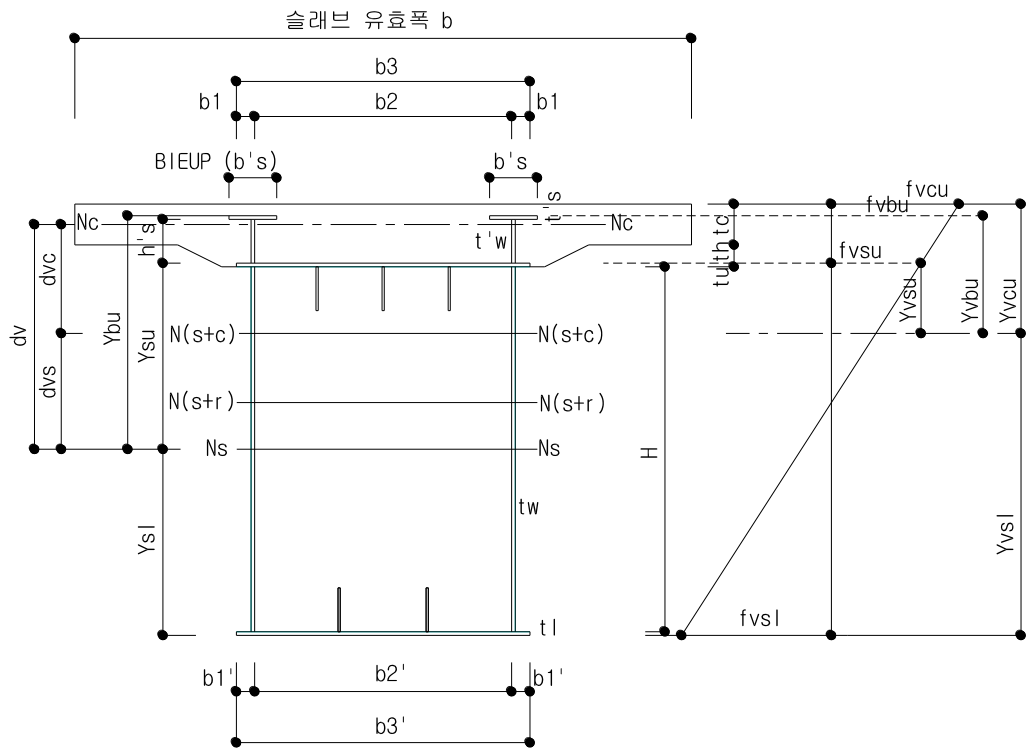
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	59.448	-52.392	355.000	OK	OK
1+2+3	5.633	3.123	16.200	OK	0.000	85.151	-186.020	355.000	OK	OK
1+2+3+7	6.836	4.465	16.200	OK	0.000	102.004	-194.081	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.399	3.065	16.200	OK	0.000	87.972	-184.811	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	4.196	1.784	16.200	OK	0.000	112.637	-175.063	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.993	0.442	16.200	OK	0.000	129.491	-167.001	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.399	3.125	16.200	OK	0.000	95.784	-183.124	355.000	OK	OK
1+2+4	0.569	0.315	16.200	OK	0.000	62.043	-65.883	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	5.643	3.129	16.200	OK	0.000	85.196	-186.257	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.440	1.787	16.200	OK	0.000	102.050	-178.196	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.409	3.071	16.200	OK	0.000	88.018	-185.049	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	4.206	1.789	16.200	OK	0.000	112.683	-175.301	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	3.004	0.448	16.200	OK	0.000	129.537	-167.239	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.409	3.131	16.200	OK	0.000	95.830	-183.362	355.000	OK	OK

4.6 단면검토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 7] : 절점 21 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



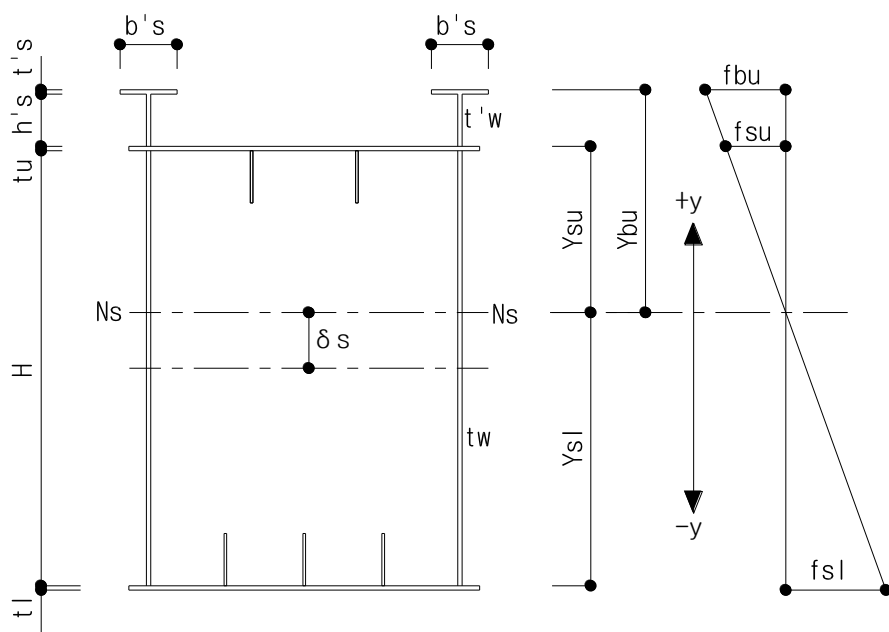
b	=	6210.0	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	3498.161
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	1113.579
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	58.017
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	5689.087
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	905.900
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	270.295
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	3.772
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	723.930
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	484.097
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	225.139
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	136.125
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	1301.587
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

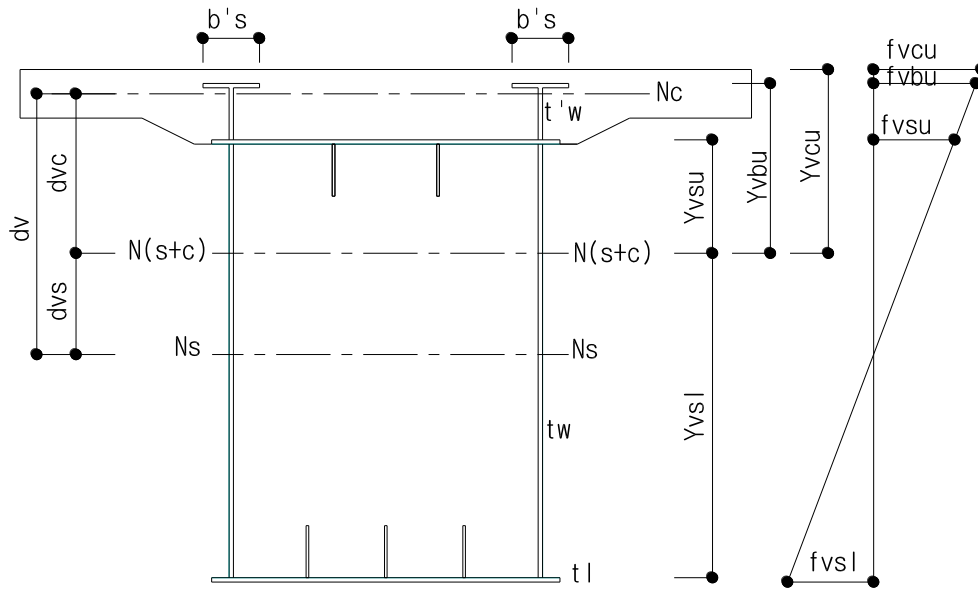
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0		0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1025	-10762500	11031562500	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					133860		-3274500	96323315460	21325087820
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$u = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 20.938 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 133860 + 1738794 / 8 = 351209.300 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6210 \times 280^3) / 12 = 11360123413 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 24.462 + 0 + 280 / 2 = 1264.462 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1264.462 \times 133860 / 351209 = 481.937 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1264.462 - 481.937 = 782.525 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 117,568,302,053 + 11360123413 / 8 + 133860 \times 782.52^2 + (1738794 / 8) \times 481.937^2 = 251,439,155,144 \text{ mm}^4 = 0.251 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \times (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (12 + 280 / 8) / 2 + 12 / 2 \} = 5,377,554 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 621.937 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 341.937 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 353.937 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1870.063 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.344 \text{ Mpa} : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.189 \text{ Mpa} : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 1.568 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -8.282 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 6.864 \text{ Mpa}$$

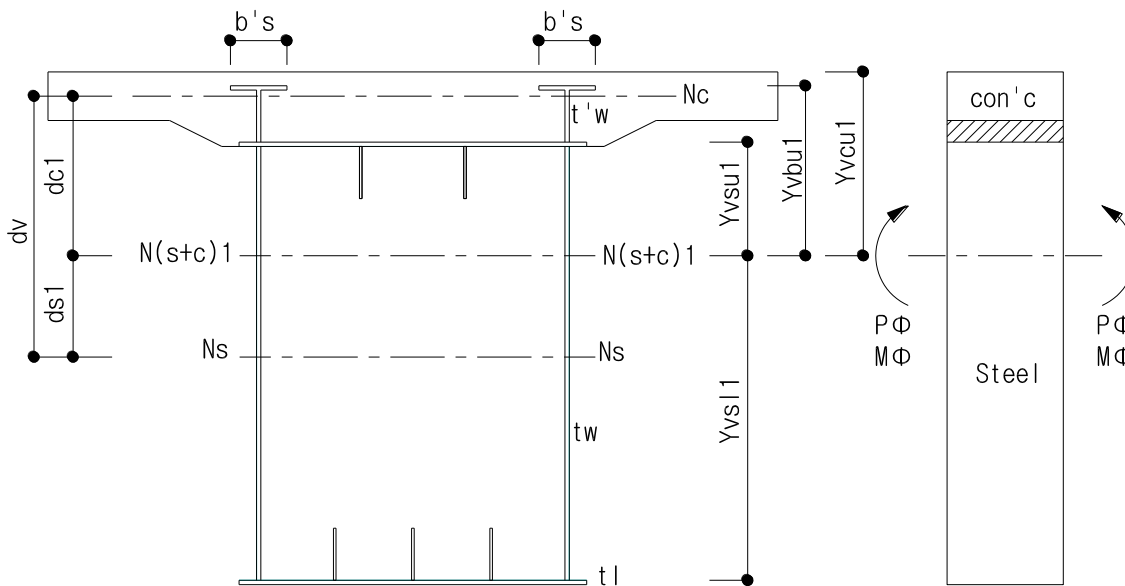
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 1.759 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.967 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 8.008 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -42.312 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 23.796 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

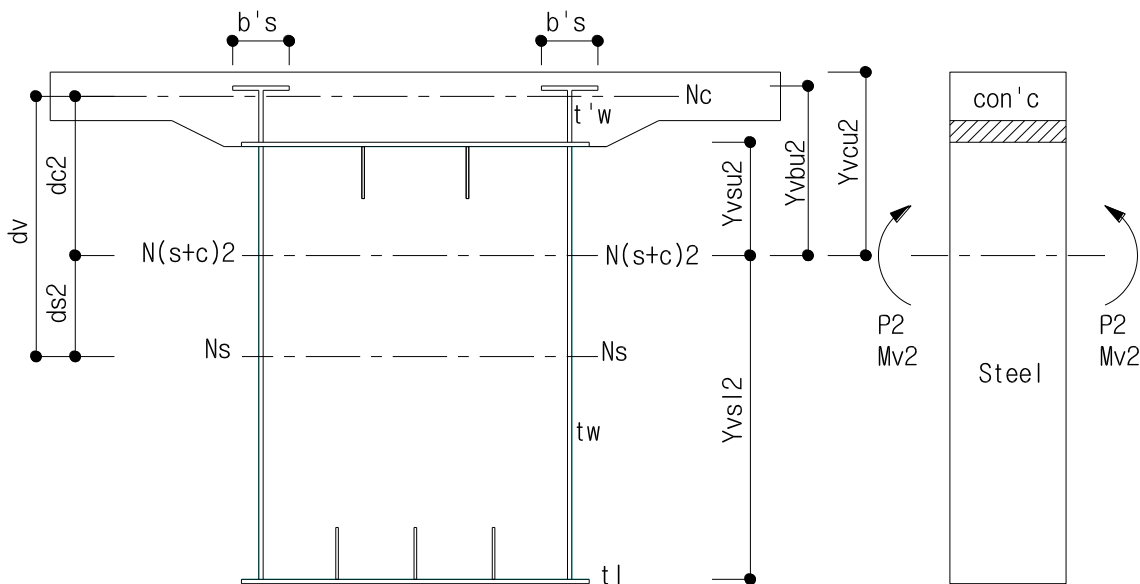
$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.018 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.010 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.082 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.431 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.126 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(5) 크리프



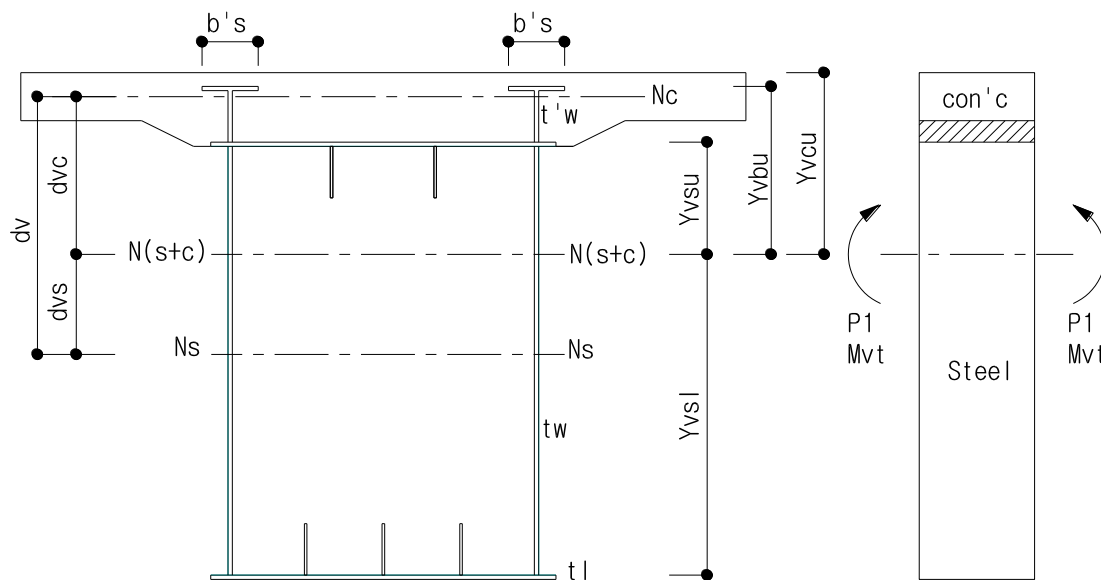
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2 \\
 n_1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 = 133860 + 1738794 / 16 = 242534.650 \text{ mm}^2 \\
 d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 24.462 + 0 + 280 / 2 = 1264.462 \text{ mm} \\
 k &= -0.191 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 d_{c1} &= d_v \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1264.462 \times 133860 / (1738794 / 16 + 133860) = 697.883 \text{ mm} \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 1264.462 - 697.883 = 566.579 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= d_{c1} + t_c / 2 = 837.883 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 557.883 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 777.883 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$Y_{vsu1} =$	$Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u$	$=$	569.883	mm	
$Y_{vsl1} =$	$Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l)$	$=$	-1654.117	mm	
$I_{vc33} =$	$I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d s_1^2 + (A_c / n_1) \times d c_1^2$				
	$= 117,568,302,053 + 11360123413 / 16 + 133860 \times$				
	$566.579^2 + (1738794 / 16) \times 697.883^2$	$=$	214,177,938.913	mm ⁴	$= 0.214 \text{ m}^4$
$N_c =$	$M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33})$	$=$	463913.5	N	
$P\Phi =$	$N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1)$	$=$	463913.5	N	
$M\Phi =$	$P\Phi \cdot d c_1$	$=$	323757516.7	N-mm	
$E_{c1} =$	$E_c / (1 + \Phi_1 / 2)$	$=$	14346.700	Mpa	
$f_{cu1} =$	$M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.344	Mpa	
$f_{cl1} =$	$M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.189	Mpa	
$f_{bu1} =$	$M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.000	Mpa	
$f_{vcu3} =$	$1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c$	$=$	-0.240	Mpa	: 상단(콘크리트)
$f_{vcl3} =$	$1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c$	$=$	-0.080	Mpa	: 하단(콘크리트)
$f_{vbu3} =$		$=$	0.000	Mpa	: biuep F.L
$f_{vsu3} =$	$P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33}$	$=$	1.748	Mpa	: 상연(강재)
$f_{vsl3} =$	$P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33}$	$=$	2.390	Mpa	: 하연(강재)



$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vcl2} - t_h + 220 &= 900.421 &\text{ mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 692.421 &\text{ mm} \\
Y_{vsl2} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1531.579 &\text{ mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 117,568,302,053 + 11360123413 / 24 + 133860 \times 444.041^2 + (1738794 / 24) \times 820.421^2 &= 193,200,412,266 &\text{ mm}^4 = 0.193 &\text{ m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 4010094.6 &\text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3289966488.3 &\text{ N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2} / I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.627 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl4} &= 1/n^2 \times (P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vcl2} / I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.589 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 17.185 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vsl2} / I_{vd33} &= 24.419 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 & \text{---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5346793 &\text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2576819458 &\text{ N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.692 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl5} &= 1/n \times (P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vcl} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.624 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 14.531 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl5} &= P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vsl} / I_{v33} &= 18.885 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 51.597 &\text{ Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{ Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{O.K.!!}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 28.928 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 52.160 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t3 ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t3 < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

ts = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t2)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t's ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t's < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t's \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t's < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t's \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

tu = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \leq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	33.815	-32.359	166.433	215.000
1+2+3	2.103	1.156	10.800	10.800	0.000	215.000	43.390	-82.953	215.000	215.000
1+2+3+5	1.863	1.077	10.800	10.800	0.000	247.250	45.139	-80.563	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.237	-0.512	10.800	1.890	0.000	247.250	62.324	-56.144	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.456	-2.136	2.174	2.174	0.000	279.500	76.855	-37.259	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.929	1.112	12.420	12.420	0.000	279.500	47.792	-75.029	279.500	247.250
1+2+4	0.362	0.199	12.960	12.960	0.000	258.000	35.464	-41.073	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	2.112	1.161	13.500	13.500	0.000	268.750	43.431	-83.169	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	1.872	1.082	13.500	13.500	0.000	268.750	45.179	-80.779	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.246	-0.507	13.500	2.363	0.000	268.750	62.364	-56.360	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-1.447	-2.131	2.552	2.552	0.000	290.250	76.896	-37.475	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.938	1.117	14.580	14.580	0.000	290.250	47.833	-75.244	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	20.3%	15.1%	OK	OK
1+2+3	19.5%	10.7%	OK	OK	0.0%	OK	20.2%	38.6%	OK	OK
1+2+3+5	17.3%	10.0%	OK	OK	0.0%	OK	18.3%	37.5%	OK	OK
1+2+3+5+6	2.2%	4.7%	OK	OK	0.0%	OK	25.2%	26.1%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	67.0%	98.3%	OK	OK	0.0%	OK	27.5%	15.1%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	15.5%	9.0%	OK	OK	0.0%	OK	17.1%	30.3%	OK	OK
1+2+4	2.8%	1.5%	OK	OK	0.0%	OK	13.7%	15.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	15.6%	8.6%	OK	OK	0.0%	OK	16.2%	30.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	13.9%	8.0%	OK	OK	0.0%	OK	16.8%	30.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.8%	3.8%	OK	OK	0.0%	OK	23.2%	21.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	56.7%	83.5%	OK	OK	0.0%	OK	26.5%	12.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	13.3%	7.7%	OK	OK	0.0%	OK	16.5%	25.9%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.041	0.023	0.170	0.170	0.212	0.193	OK	OK
1+2+3	0.041	0.149	0.170	0.170	0.211	0.319	OK	OK
1+2+3+5	0.033	0.140	0.170	0.170	0.204	0.311	OK	OK
1+2+3+5+6	0.064	0.068	0.170	0.170	0.234	0.239	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.076	0.023	0.170	0.170	0.246	0.193	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.029	0.092	0.170	0.170	0.200	0.262	OK	OK
1+2+4	0.019	0.025	0.037	0.037	0.056	0.063	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.026	0.096	0.111	0.111	0.138	0.207	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.028	0.090	0.111	0.111	0.140	0.202	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.054	0.044	0.111	0.111	0.165	0.155	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.070	0.017	0.111	0.111	0.182	0.128	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.027	0.067	0.111	0.111	0.139	0.179	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{76.855}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{51.597}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.076 + 0.170 = 0.246 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-82.953}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{51.597}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.149 + 0.170 = 0.319 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2' / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 6) = 5.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 33.8} = 2.52 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

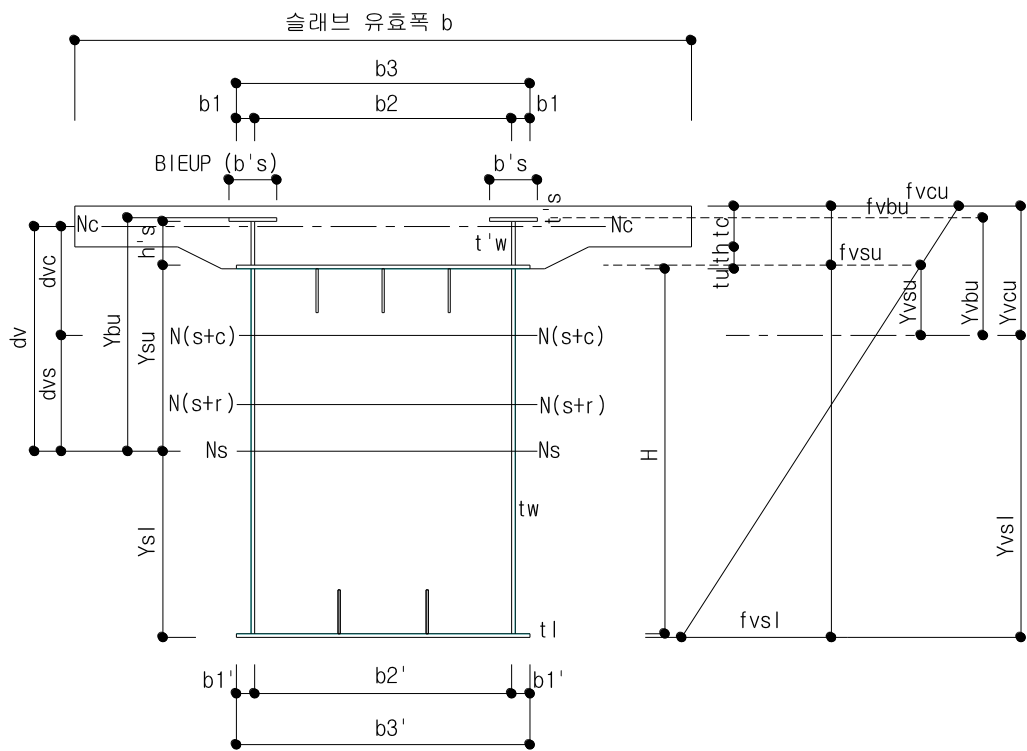
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	43.959	-42.067	355.000	OK	OK
1+2+3	4.229	2.325	16.200	OK	0.000	63.214	-143.805	355.000	OK	OK
1+2+3+7	5.922	3.949	16.200	OK	0.000	77.746	-162.689	355.000	OK	OK
1+2+3+5	3.990	2.246	16.200	OK	0.000	64.963	-141.414	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	2.363	0.657	16.200	OK	0.000	82.148	-116.995	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.671	-0.967	16.200	OK	0.000	96.679	-98.111	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	4.055	2.281	16.200	OK	0.000	67.617	-135.880	355.000	OK	OK
1+2+4	0.466	0.256	16.200	OK	0.000	46.078	-53.265	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	4.238	2.330	16.200	OK	0.000	63.255	-144.020	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	2.546	0.706	16.200	OK	0.000	77.786	-125.136	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	3.999	2.250	16.200	OK	0.000	65.004	-141.630	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	2.372	0.662	16.200	OK	0.000	82.189	-117.211	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.680	-0.962	16.200	OK	0.000	96.720	-98.326	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	4.064	2.286	16.200	OK	0.000	67.657	-136.096	355.000	OK	OK

4.6 단면검토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 8] : 절점 19 로 부터 이격거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6210.0	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

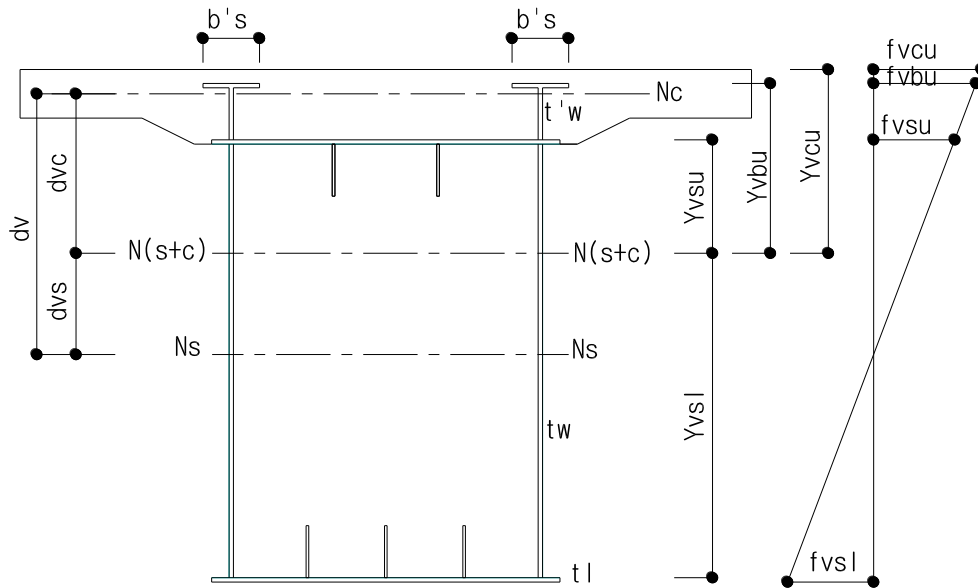
구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	8123.725
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	2504.885
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	77.192
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	7489.235
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	472.450
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	141.457
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	2.466
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	574.370
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	324.421
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	163.050
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	66.908
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	869.345
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					126240		4492800	88406760960	21308856320
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 11.482 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 126240 + 1738794 / 8 = 343589.300 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6210 \times 280^3) / 12 = 11360123413 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 35.589 + 0 + 280 / 2 = 1204.411 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1204.411 \times 126240 / 343589 = 442.519 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1204.411 - 442.519 = 761.892 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 109,555,721,432 + 11360123413 / 8 + 126240 \times 761.89^2 + (1738794 / 8) \times 442.519^2 = 226,817,396,956 \text{ mm}^4 = 0.227 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + (tu + tc/n) / 2 + tl/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (12 + 280 / 8) / 2 + 12 / 2 \} = 5,377,554 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 582.519 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 302.519 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 314.519 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1909.481 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.804 \text{ Mpa} : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.418 \text{ Mpa} : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 3.473 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -21.088 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 3.942 \text{ Mpa}$$

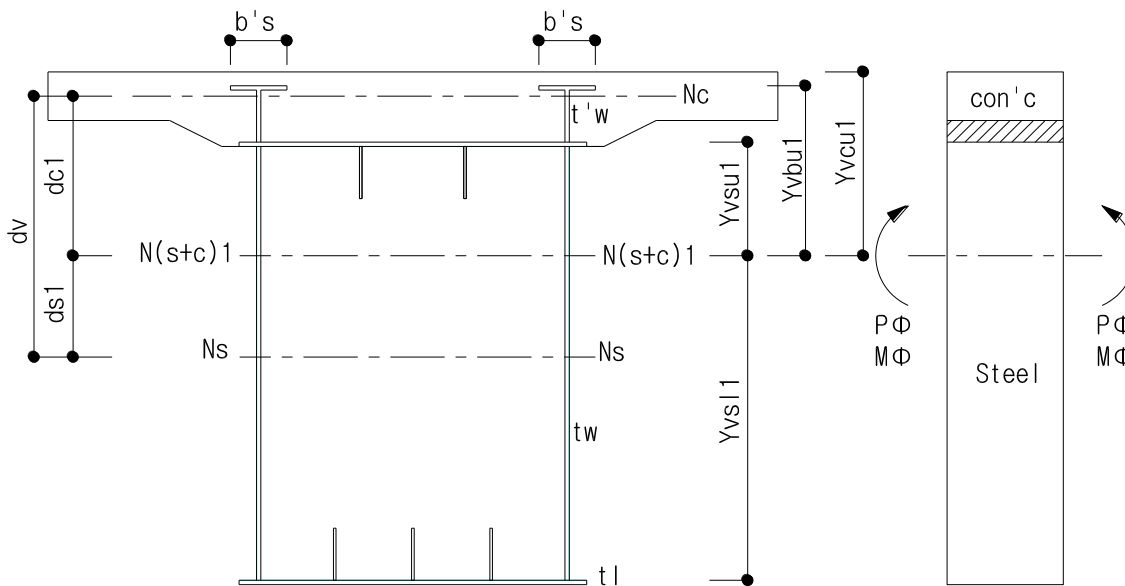
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.404 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.249 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.385 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -63.049 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 17.614 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.025 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.013 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.107 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.650 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.565 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

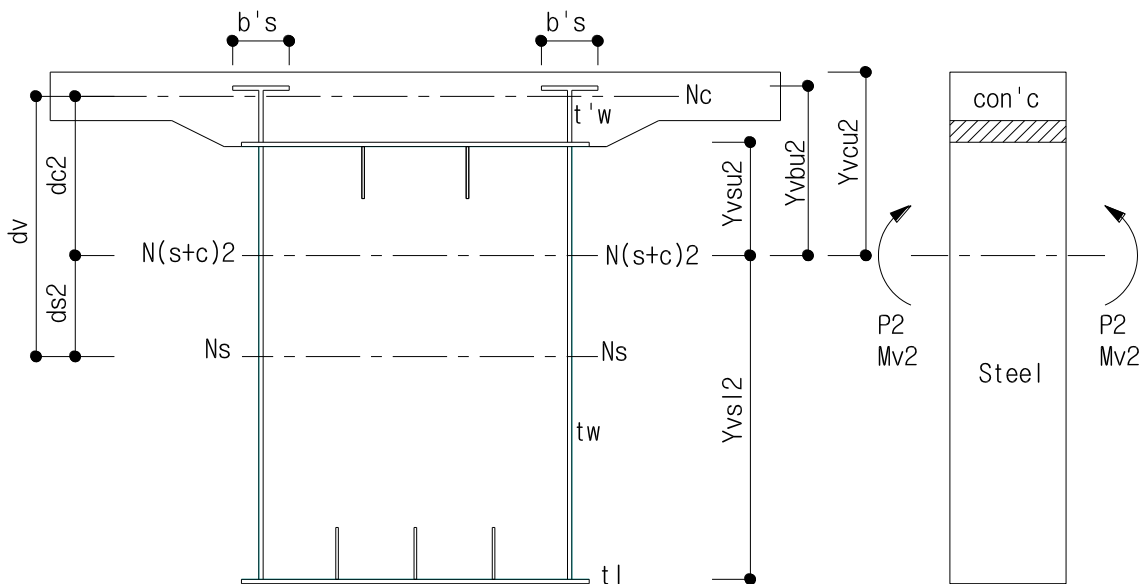
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c \\
 &= 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2 \\
 n_1 &= n \times (1 + \Phi_1 / 2) : \text{크리프계수}(\Phi_1) \ 2.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 \\
 &= 126240 + 1738794 / 16 = 234914.650 \text{ mm}^2 \\
 d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 \\
 &= 2200 / 2 - 35.589 + 0 + 280 / 2 = 1204.411 \text{ mm} \\
 k &= -0.191 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= d_v \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1204.411 \times 126240 / (1738794 / 16 + 126240) = 647.234 \text{ mm} \\
 ds1 &= d_v - dc1 \\
 &= 1204.411 - 647.234 = 557.176 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 787.234 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 507.234 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 727.234 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 519.234 &\text{mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1704.766 &\text{mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d_{s1}^2 + (A_c / n_1) \times d_{c1}^2 \\
&= 109,555,721,432 + 11360123413 / 16 + 126240 \times 557.176^2 + (1738794 / 16) \times 647.234^2 &= 194,981,507.628 &\text{mm}^4 = 0.195 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 1062188.5 &\text{N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 1062188.5 &\text{N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} &= 687484713.7 &\text{N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.804 &\text{Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33}) &= 0.418 &\text{Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.555 &\text{Mpa} \quad : \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.156 &\text{Mpa} \quad : \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{Mpa} \quad : \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 4.172 &\text{Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 5.670 &\text{Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

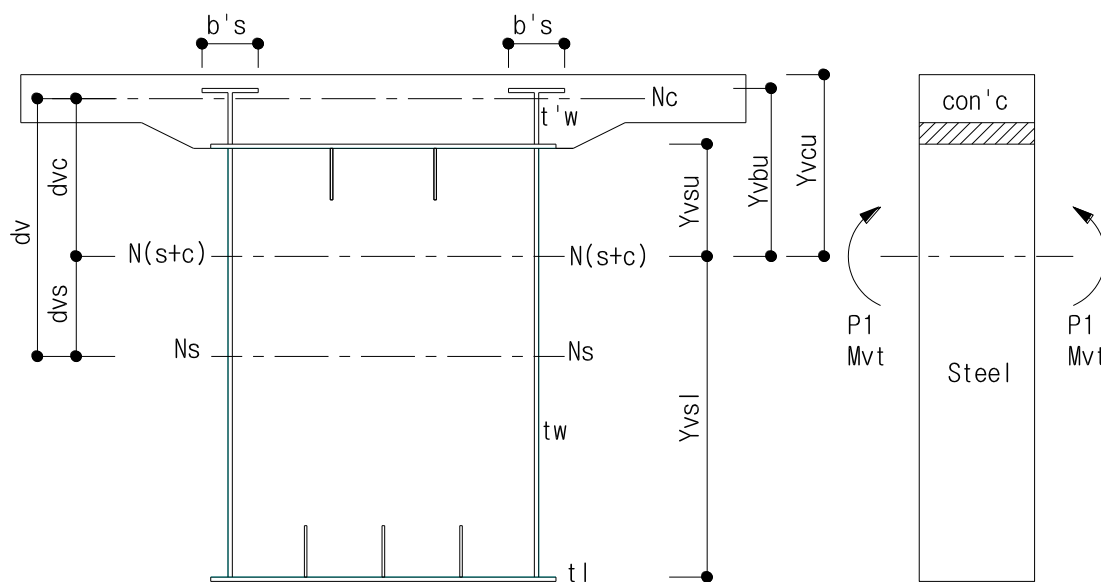
(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6210 \times 280 &= 1738794.400 &\text{mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi_2) \quad 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 126240 + 1738794 / 24 &= 198689.767 &\text{mm}^2 \\
dv &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 35.589 + 0 + 280 / 2 &= 1204.411 &\text{mm} \\
dc2 &= dv \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1204.411 \times 126240 / (1738794 / 24 + 126240) &= 765.237 &\text{mm} \\
ds2 &= dv - dc1 &= 1204.411 - 765.237 &= 439.173 &\text{mm} \\
Y_{vcu2} &= dc2 + t_c / 2 &= 905.237 &\text{mm} \\
Y_{vcl2} &= Y_{vcu2} - t_c &= 625.237 &\text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vcl2} - t_h + 220 &= 845.237 &\text{mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 637.237 &\text{mm} \\
Y_{vsl2} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1586.763 &\text{mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 109,555,721,432 + 11360123413 / 24 + 126240 \times 439.173^2 + (1738794 / 24) \times 765.237^2 &= 176,803,099,274 &\text{mm}^4 = 0.177 &\text{m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 4010094.6 &\text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3068673537.6 &\text{N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2} / I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.590 &\text{Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl4} &= 1/n^2 \times (P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vcl2} / I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.552 &\text{Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 18.070 &\text{Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vsl2} / I_{vd33} &= 25.443 &\text{Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 & \text{---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5346793 &\text{N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2366057496 &\text{N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.643 &\text{Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl5} &= 1/n \times (P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vcl} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.573 &\text{Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 14.935 &\text{Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl5} &= P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vsl} / I_{v33} &= 19.366 &\text{Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 33.038 &\text{Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{O.K.}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 15.989 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 33.321 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

t_u = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	79.818	-85.096	166.433	215.000
1+2+3	3.208	1.666	10.800	10.800	0.000	215.000	93.676	-169.232	215.000	215.000
1+2+3+5	2.654	1.510	10.800	10.800	0.000	247.250	97.848	-163.562	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.063	-0.042	10.800	1.890	0.000	247.250	115.918	-138.119	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.580	-1.615	2.174	2.174	0.000	279.500	130.853	-118.752	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.706	1.532	12.420	12.420	0.000	279.500	100.983	-157.485	279.500	247.250
1+2+4	0.829	0.430	12.960	12.960	0.000	258.000	83.398	-106.833	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	3.221	1.673	13.500	13.500	0.000	268.750	93.729	-169.557	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.666	1.516	13.500	13.500	0.000	268.750	97.901	-163.887	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.076	-0.035	13.500	2.363	0.000	268.750	115.971	-138.444	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.567	-1.609	2.552	2.552	0.000	290.250	130.906	-119.077	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.719	1.538	14.580	14.580	0.000	290.250	101.037	-157.810	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	48.0%	39.6%	OK	OK
1+2+3	29.7%	15.4%	OK	OK	0.0%	OK	43.6%	78.7%	OK	OK
1+2+3+5	24.6%	14.0%	OK	OK	0.0%	OK	39.6%	76.1%	OK	OK
1+2+3+5+6	9.8%	0.4%	OK	OK	0.0%	OK	46.9%	64.2%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	26.7%	74.3%	OK	OK	0.0%	OK	46.8%	48.0%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	21.8%	12.3%	OK	OK	0.0%	OK	36.1%	63.7%	OK	OK
1+2+4	6.4%	3.3%	OK	OK	0.0%	OK	32.3%	41.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	23.9%	12.4%	OK	OK	0.0%	OK	34.9%	63.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	19.7%	11.2%	OK	OK	0.0%	OK	36.4%	61.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	8.0%	0.3%	OK	OK	0.0%	OK	43.2%	51.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	22.2%	63.1%	OK	OK	0.0%	OK	45.1%	41.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	18.6%	10.5%	OK	OK	0.0%	OK	34.8%	54.4%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.230	0.157	0.070	0.070	0.300	0.227	OK	OK
1+2+3	0.190	0.620	0.070	0.070	0.260	0.689	OK	OK
1+2+3+5	0.157	0.579	0.070	0.070	0.226	0.649	OK	OK
1+2+3+5+6	0.220	0.413	0.070	0.070	0.290	0.483	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.219	0.231	0.070	0.070	0.289	0.301	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.131	0.406	0.070	0.070	0.200	0.476	OK	OK
1+2+4	0.104	0.171	0.011	0.011	0.116	0.183	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.122	0.398	0.045	0.045	0.167	0.444	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.133	0.372	0.045	0.045	0.178	0.417	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.186	0.265	0.045	0.045	0.232	0.311	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.203	0.168	0.045	0.045	0.249	0.214	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.121	0.296	0.045	0.045	0.167	0.341	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{79.818}{166.433}\right)^2 + \left(\frac{33.038}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.230 + 0.070 = 0.300 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-169.232}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{33.038}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.620 + 0.070 = 0.689 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 79.8} = 1.64 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

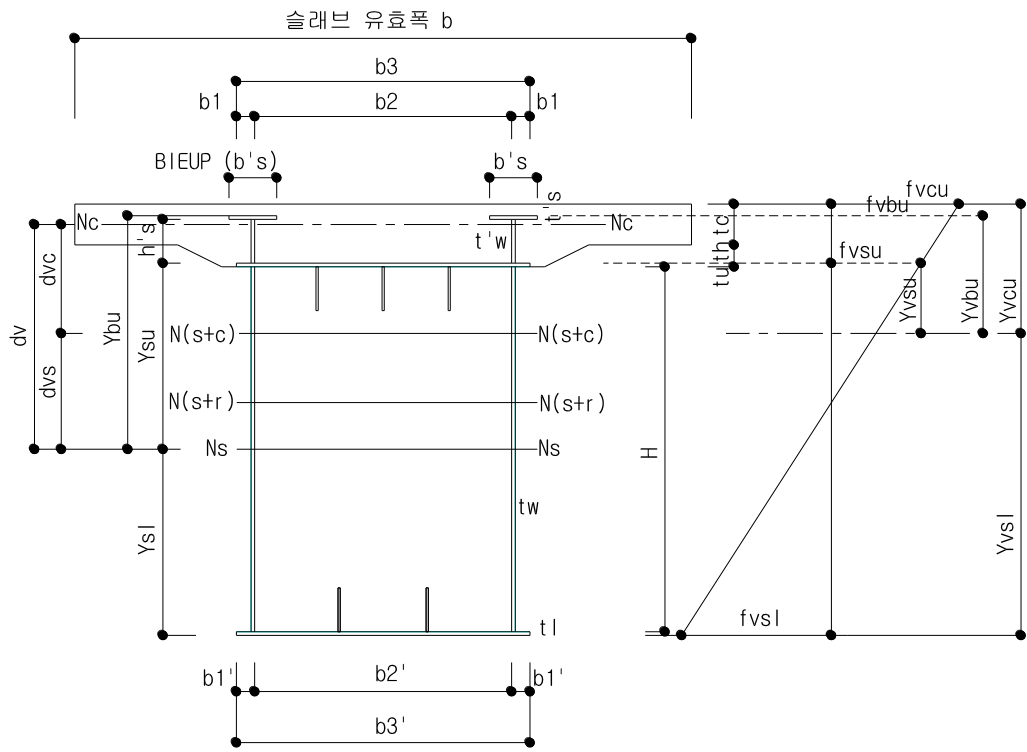
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	103.763	-110.624	355.000	OK	OK
1+2+3	6.215	3.227	16.200	OK	0.000	130.606	-273.593	355.000	OK	OK
1+2+3+7	7.858	4.801	16.200	OK	0.000	145.541	-292.959	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.660	3.071	16.200	OK	0.000	134.778	-267.923	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	4.070	1.519	16.200	OK	0.000	152.848	-242.480	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.426	-0.054	16.200	OK	0.000	167.783	-223.113	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.713	3.093	16.200	OK	0.000	137.913	-261.846	355.000	OK	OK
1+2+4	1.070	0.556	16.200	OK	0.000	108.385	-138.688	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	6.227	3.234	16.200	OK	0.000	130.660	-273.918	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.584	1.660	16.200	OK	0.000	145.594	-254.551	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.672	3.077	16.200	OK	0.000	134.831	-268.248	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	4.082	1.526	16.200	OK	0.000	152.901	-242.805	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.439	-0.048	16.200	OK	0.000	167.836	-223.438	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.725	3.099	16.200	OK	0.000	137.967	-262.171	355.000	OK	OK

4.6 단면검토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 9] : 절점 18 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6210.0	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	10119.974
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	3099.234
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	77.856
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	8235.218
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-28.986
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-6.969
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-3.860
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-431.606
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	131.115
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-7.449
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	22.611
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	719.343
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

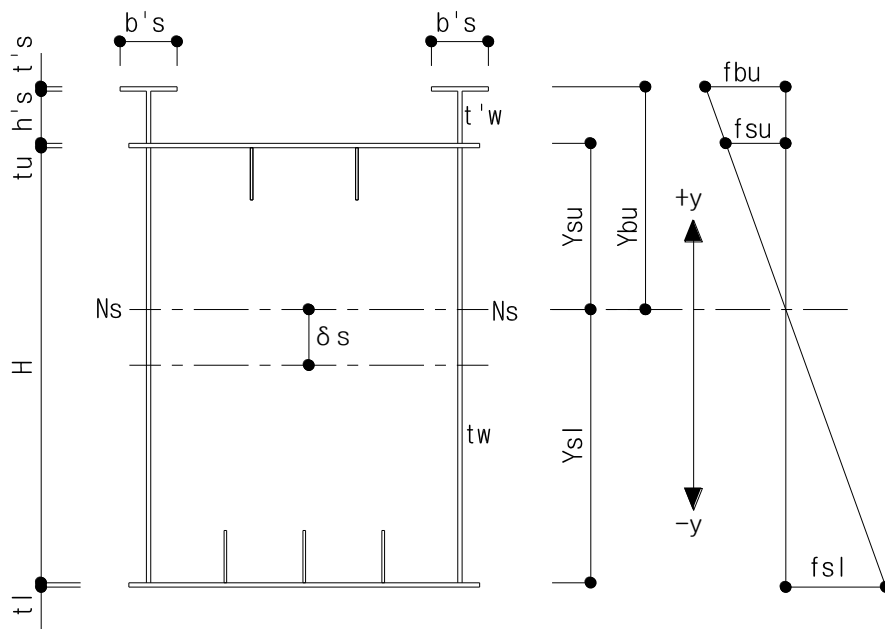
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 16	42240	-1108	-46801920	51856527360	901120
TOTAL					136800		-7271040	1.01511E+11	21309377280
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$I_{s'} = \sum A s Y^2 + \sum I_o = 101511171840 + 21309377280 = 122820549120 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum A s Y / \sum A s = -7271040 / 136800 = -53.151 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum A s \times \delta s^2 = 122820549120 - 136800 \times (-53.151)^2 = 122,434,086,966 \text{ mm}^4 = 0.122 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2200 / 2 + 12 - (-53.151) = 1165.151 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1165.151 - 2228 = -1062.849 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,340,168 \text{ mm}^2$$

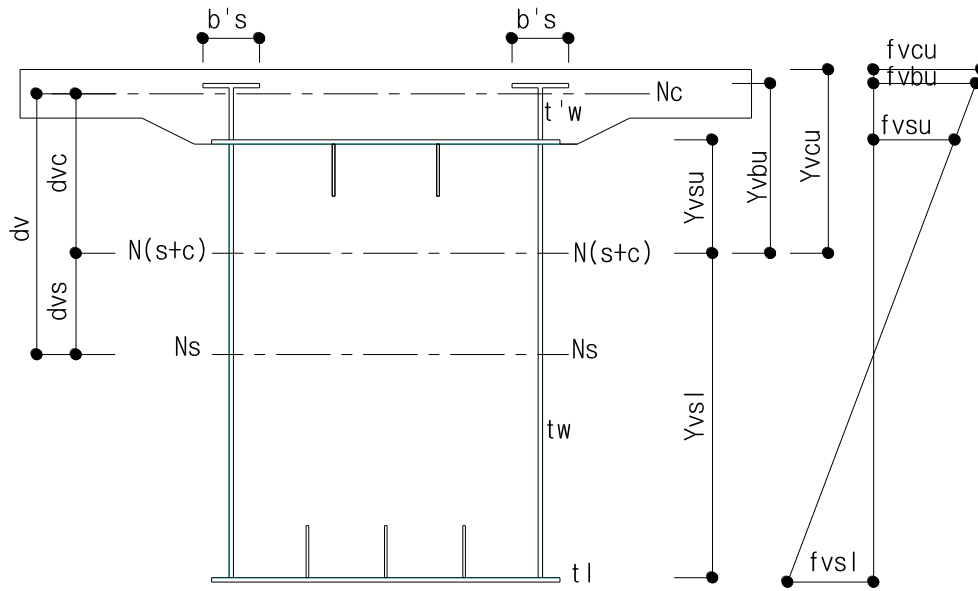
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_{33} = 96.307 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_{33} = -87.851 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1.572 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 136800 + 1738794 / 8 = 354149.300 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6210 \times 280^3) / 12 = 11360123413 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2 = 1293.151 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1293.151 \times 136800 / 354149 = 499.515 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1293.151 - 499.515 = 793.635 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 122,434,086,966 + 11360123413 / 8 + 136800 \times 793.64^2 + (1738794 / 8) \times 499.515^2 = 264,250,625,590 \text{ mm}^4 = 0.264 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + (tu + tc/n) / 2 + tl/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (12 + 280 / 8) / 2 + 16 / 2 \} = 5,382,378 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 639.515 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 359.515 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 371.515 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1856.485 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.938 \text{ Mpa} \quad : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.527 \text{ Mpa} \quad : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 4.357 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -21.774 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 0.190 \text{ Mpa}$$

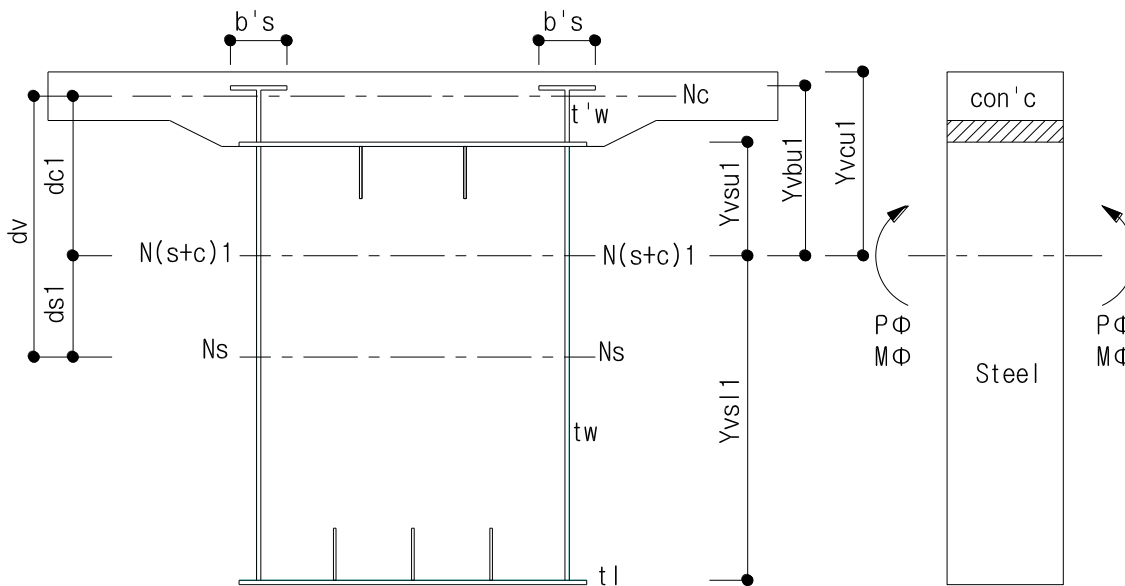
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.491 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.401 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 11.578 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -57.856 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 13.743 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.024 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.013 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.109 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.547 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.248 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

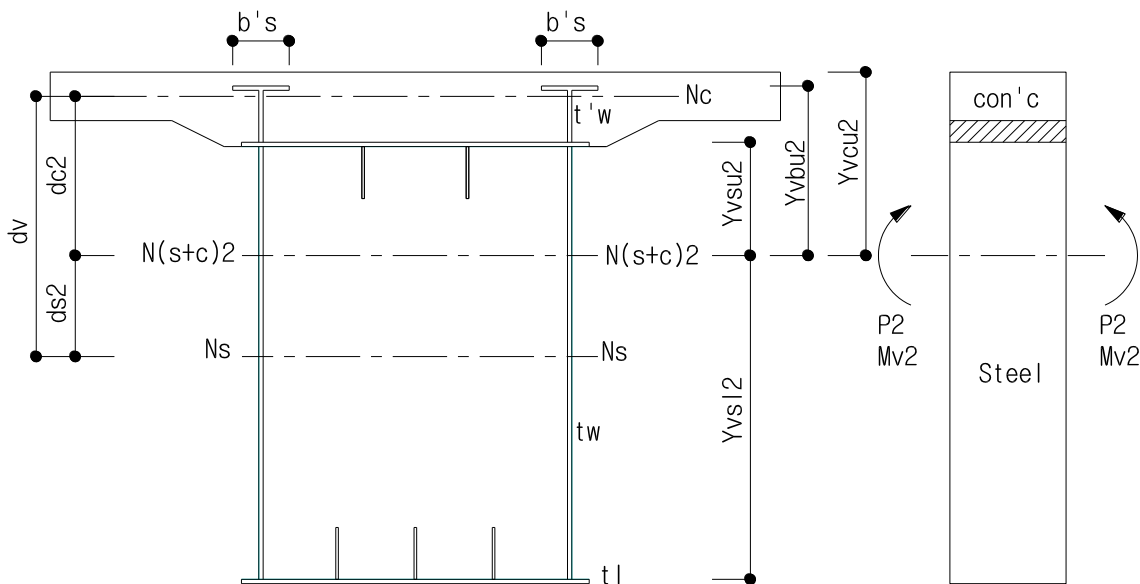
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 136800 + 1738794 / 16 = 245474.650 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2 = 1293.151 \text{ mm} \\
 k &= -0.191 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1293.151 \times 136800 / (1738794 / 16 + 136800) = 720.657 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1293.151 - 720.657 = 572.494 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 860.657 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 580.657 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 800.657 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$Y_{vsu1} =$	$Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u$	$=$	592.657	mm	
$Y_{vs11} =$	$Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l)$	$=$	-1635.343	mm	
$I_{vc33} =$	$I_{33} + I_c / n1 + A_s \times d s1^2 + (A_c / n1) \times d c1^2$				
	$= 122,434,086,966 + 11360123413 / 16 + 136800 \times$				
	$572.494^2 + (1738794 / 16) \times 720.657^2$	$=$	224,419,991.015	mm ⁴	$= 0.224 \text{ m}^4$
$N_c =$	$M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33})$	$=$	1273343.3	N	
$P\Phi =$	$N_c \cdot 2 \cdot \Phi 1 / (2 + \Phi 1)$	$=$	1273343.3	N	
$M\Phi =$	$P\Phi \cdot d c1$	$=$	917643820.9	N-mm	
$E_{c1} =$	$E_c / (1 + \Phi 1 / 2)$	$=$	14346.700	Mpa	
$f_{cu1} =$	$M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.938	Mpa	
$f_{cl1} =$	$M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.527	Mpa	
$f_{bu1} =$	$M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.000	Mpa	
$f_{vcu3} =$	$1/n1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi 1 / E_c$	$=$	-0.655	Mpa	: 상단(콘크리트)
$f_{vcl3} =$	$1/n1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi 1 / E_c$	$=$	-0.231	Mpa	: 하단(콘크리트)
$f_{vbu3} =$		$=$	0.000	Mpa	: biuep F.L
$f_{vsu3} =$	$P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33}$	$=$	4.724	Mpa	: 상연(강재)
$f_{vs13} =$	$P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vs11} / I_{vc33}$	$=$	6.465	Mpa	: 하연(강재)

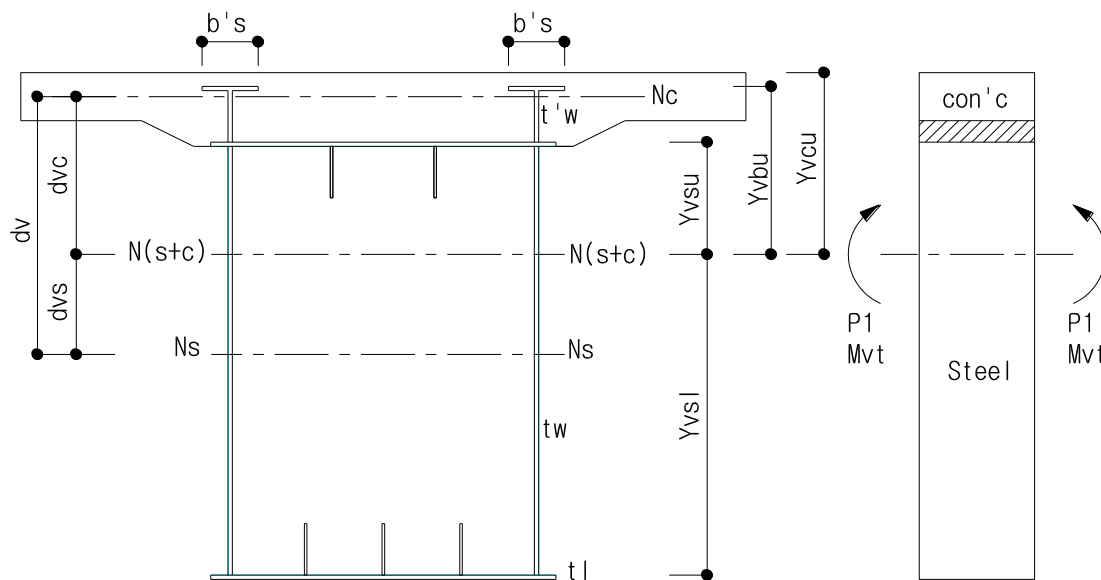
(6) 건조수축



Ac	=	b x tc		
	=	6210 x 280	=	1738794.400 mm ²
n2	=	n x (1 + Φ2 / 2)	: 크리프계수(Φ2) 4.0	---- 도.설 3.9.2.8
	=	8 x (1 + 4.0 / 2)	=	24
Av2	=	As + Ac / n2		
	=	136800 + 1738794 / 24	=	209249.767 mm ²
dv	=	H/2 - δs + th + tc/2		
	=	2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2	=	1293.151 mm
dc2	=	dv x As / (Ac / n2 + As)	: 바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.	
	=	1293.151 x 136800 / (1738794 / 24 + 136800)	=	845.416 mm
ds2	=	dv - dc1		
	=	1293.151 - 845.416	=	447.735 mm
Yvcu2	=	dc2 + tc / 2	=	985.416 mm
Yvc 2	=	Yvcu2 - tc	=	705.416 mm

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vcl2} - t_h + 220 &= 925.416 &\text{ mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 717.416 &\text{ mm} \\
Y_{vsl2} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1510.584 &\text{ mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n_2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n_2) \times d_c^2 \\
&= 122,434,086,966 + 11360123413 / 24 + 136800 \times 447.735^2 + (1738794 / 24) \times 845.416^2 &= 202,113,137,678 &\text{ mm}^4 = 0.202 &\text{ m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n_2 &= 4010094.6 &\text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3390196959.7 &\text{ N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n_2 &= 8541.667 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n_2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.639 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl4} &= 1/n_2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcl2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.602 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 16.866 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsl2} / I_{vd33} &= 24.004 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 &\text{ ---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5346793 &\text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2670805497 &\text{ N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.710 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcl} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.643 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 14.380 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsl} / I_{v33} &= 18.682 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + \{ M_{st}/(2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 15.505 &\text{ Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{ Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{ O.K. !}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 1.894 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 15.513 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

t_u = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	96.307	-87.851	166.433	215.000
1+2+3	3.429	1.928	10.800	10.800	0.000	215.000	112.243	-167.481	215.000	215.000
1+2+3+5	2.773	1.696	10.800	10.800	0.000	247.250	116.967	-161.017	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.134	0.094	10.800	10.800	0.000	247.250	133.833	-137.013	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.576	-1.548	2.174	2.174	0.000	279.500	148.213	-118.331	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.845	1.737	12.420	12.420	0.000	279.500	119.452	-155.694	279.500	247.250
1+2+4	0.961	0.540	12.960	12.960	0.000	258.000	100.774	-110.172	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	3.441	1.934	13.500	13.500	0.000	268.750	112.297	-167.755	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.785	1.703	13.500	13.500	0.000	268.750	117.022	-161.290	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.146	0.101	13.500	13.500	0.000	268.750	133.887	-137.286	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.564	-1.542	2.552	2.552	0.000	290.250	148.268	-118.604	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.856	1.744	14.580	14.580	0.000	290.250	119.507	-155.968	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	57.9%	40.9%	OK	OK
1+2+3	31.7%	17.8%	OK	OK	0.0%	OK	52.2%	77.9%	OK	OK
1+2+3+5	25.7%	15.7%	OK	OK	0.0%	OK	47.3%	74.9%	OK	OK
1+2+3+5+6	10.5%	0.9%	OK	OK	0.0%	OK	54.1%	63.7%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	26.5%	71.2%	OK	OK	0.0%	OK	53.0%	47.9%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	22.9%	14.0%	OK	OK	0.0%	OK	42.7%	63.0%	OK	OK
1+2+4	7.4%	4.2%	OK	OK	0.0%	OK	39.1%	42.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	25.5%	14.3%	OK	OK	0.0%	OK	41.8%	62.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	20.6%	12.6%	OK	OK	0.0%	OK	43.5%	60.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	8.5%	0.7%	OK	OK	0.0%	OK	49.8%	51.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	22.1%	60.4%	OK	OK	0.0%	OK	51.1%	40.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	19.6%	12.0%	OK	OK	0.0%	OK	41.2%	53.7%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.335	0.167	0.015	0.015	0.350	0.182	OK	OK
1+2+3	0.273	0.607	0.015	0.015	0.288	0.622	OK	OK
1+2+3+5	0.224	0.561	0.015	0.015	0.239	0.576	OK	OK
1+2+3+5+6	0.293	0.406	0.015	0.015	0.308	0.421	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.281	0.229	0.015	0.015	0.297	0.244	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.183	0.397	0.015	0.015	0.198	0.412	OK	OK
1+2+4	0.153	0.182	0.000	0.000	0.153	0.183	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.175	0.390	0.010	0.010	0.184	0.399	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.190	0.360	0.010	0.010	0.199	0.370	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.248	0.261	0.010	0.010	0.258	0.271	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.261	0.167	0.010	0.010	0.271	0.177	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.170	0.289	0.010	0.010	0.179	0.299	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{96.307}{166.433}\right)^2 + \left(\frac{15.505}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.335 + 0.015 = 0.350 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-167.481}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{15.505}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.607 + 0.015 = 0.622 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 96.3} = 1.49 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

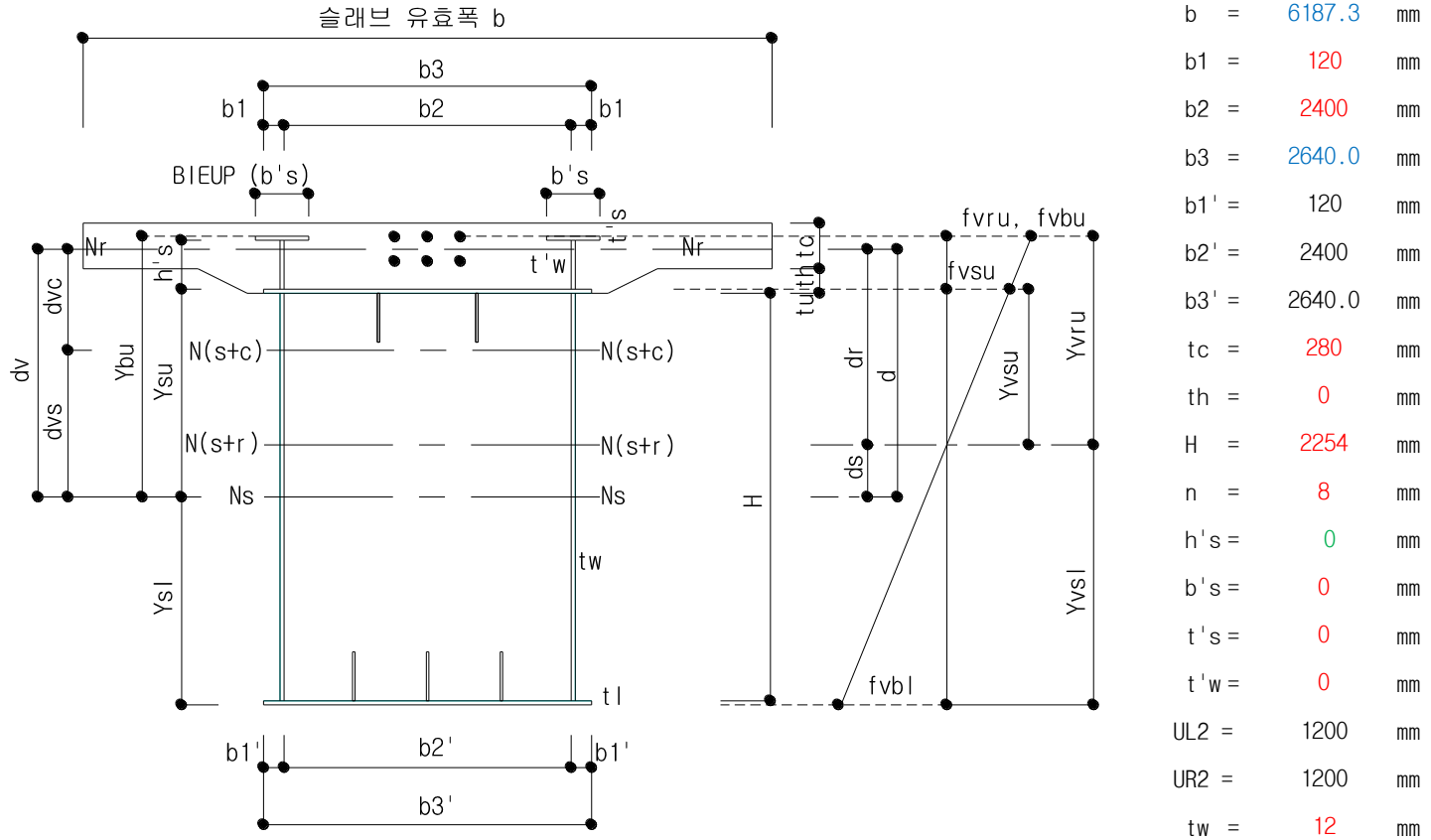
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	125.199	-114.207	355.000	OK	OK
1+2+3	6.575	3.696	16.200	OK	0.000	155.757	-266.903	355.000	OK	OK
1+2+3+7	8.285	5.339	16.200	OK	0.000	170.137	-285.585	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.920	3.465	16.200	OK	0.000	160.481	-260.439	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	4.280	1.863	16.200	OK	0.000	177.347	-236.435	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.570	0.220	16.200	OK	0.000	191.727	-217.753	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.991	3.506	16.200	OK	0.000	162.966	-255.116	355.000	OK	OK
1+2+4	1.242	0.698	16.200	OK	0.000	130.973	-143.059	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	6.587	3.703	16.200	OK	0.000	155.812	-267.177	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.876	2.060	16.200	OK	0.000	170.192	-248.495	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.931	3.472	16.200	OK	0.000	160.536	-260.712	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	4.292	1.870	16.200	OK	0.000	177.401	-236.708	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.582	0.227	16.200	OK	0.000	191.782	-218.027	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	6.003	3.513	16.200	OK	0.000	163.021	-255.390	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : 단면 - 4] : 절점 27 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

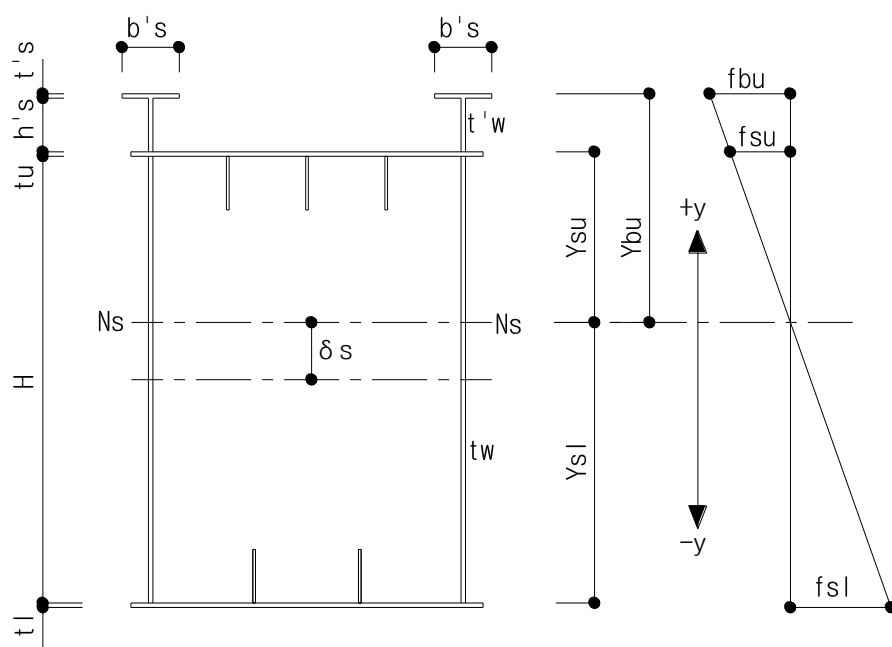


구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\Phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수 $\Phi 1$ 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-9028.693
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-2662.190
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-80.139
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-7709.390
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1349.383
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-403.555
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-20.851
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-872.429
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-275.460
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-235.529
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-26.778
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-1133.596
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

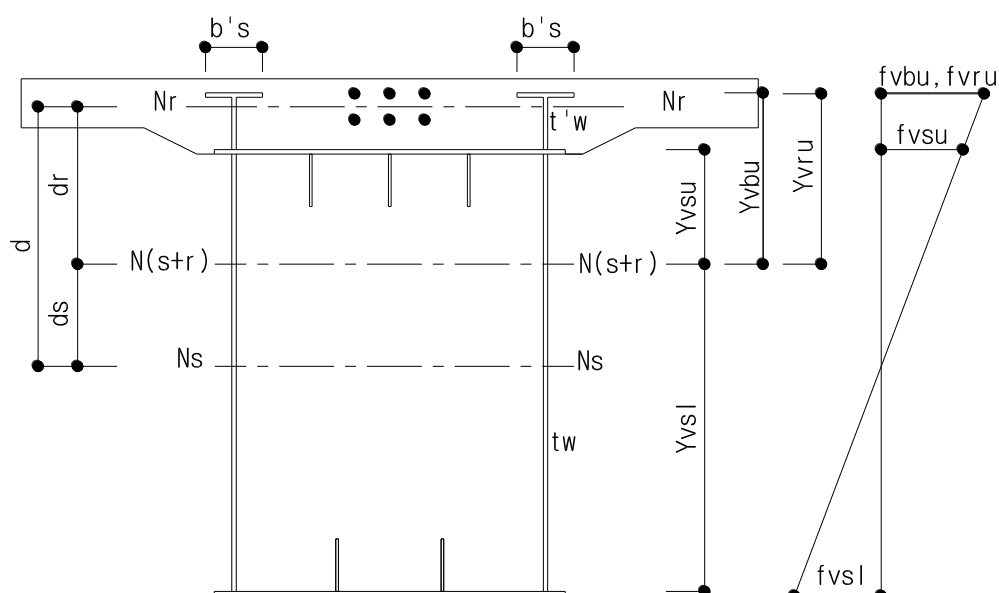
부재 구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 18	47520.0	1136	53982720	61324369920	1283040
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1067	3072960	3278848320	3456000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2254	X 12	54096	0	0	0	22902966128
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1052	-11046000	11620392000	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 20	52800.0	-1137	-60033600	68258203200	1760000
TOTAL					167796.0		-14023920	1.44482E+11	22929152668
상부철근					19160.769	1347	25809555	34765471183	
하부철근					19160.769	1167	22360617	26094840130	
철근합계					38321.537		48170173	60860311313	
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1267	2.195E+09	2.78106E+12	11318597547

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$U = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 27.038 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 167796 + 38321.53741 = 206,117.5 \text{ mm}^2$$

$$d = \frac{H}{2} - \delta s + th + tcl + (tc - tcu - tcl) \cdot \frac{Aru}{Ar}$$

$$= \frac{2254}{2} - 83.577 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times \frac{19160.7687}{38321.537} = 1340.577 \text{ mm}$$

여기서, Ar_u 는 상부철근 단면적 Ar_l 은 하부철근 단면적 이고, Ar 은 철근단면적 합계이다.

$$dr = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1091.336 \text{ mm}$$

$$ds = d - dr = 249.241 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 222,304,068,720 \text{ mm}^4 = 0.222 \text{ m}^4$$

$$F_v = b * h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) * (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 5,524,686 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = dr + (tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1181.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = dr - (tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1001.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = \frac{0.000}{\text{mm}}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 979.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vsI} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1312.664 \text{ mm}$$

$$\underline{f_{vru}} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = \underline{-14.147} \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$|f_{vr}| = M_{sc} \cdot Y_{vr} / I_{v33} = \underline{-11.991} \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$f_{vbu} = 0.000$ Mpa : biuep F.L

$$\underline{f_{vsu}} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = \underline{-11.728} \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$\frac{f_{vs1}}{E} = M_{sc} \cdot Y_{vs1} / I_{v33} = \frac{15.720}{E} \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = \underline{9.236} \quad \text{Mpa}$$

(3) **활하중 응력산정**

$$\underline{fvru1} = Mv \cdot Yvru / Iv33 = \underline{-40.968} \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)}$$

$$\underline{f_{vrl1}} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = \underline{-34.726} \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$f_{vbu1} = 0.000$ Mpa : biuep F.L

$$\underline{f_{vsu1}} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = \underline{-33.963} \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$\frac{f_{vs1}}{l} = M_v \cdot Y_{vs1} / I_{v33} = \underline{45.523} \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{U} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = \underline{24.677} \quad \text{Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -0.426 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -0.361 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

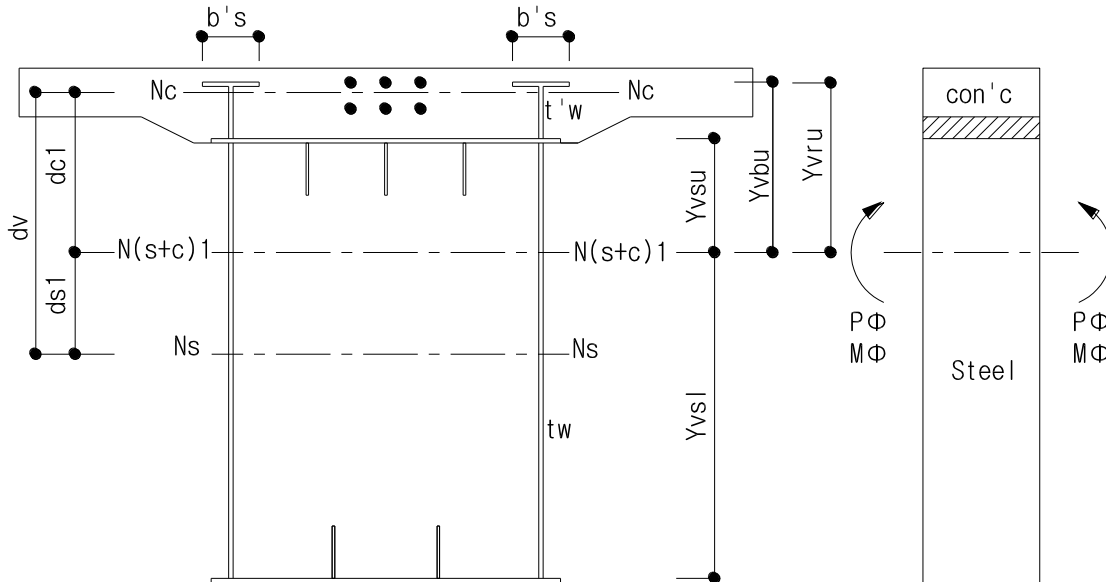
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -0.353 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 0.473 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.587 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 167796 + 1732438.400 / 8 = 384350.8 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta_s + t_h + t_c / 2 = 2254 / 2 - 83.577 + 0.0 + 280 / 2 = 1350.6 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1350.6 \times 167796 / (1732438.4 / 8 + 167796) = 589.6 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = dv - d_{vc} = 1350.6 - 589.6 = 761.0 \text{ mm}$$

$$n_1 = n \times (1 + \phi_1 / 2) : \text{크리프계수}(\phi_1) = 2.0 \text{ ---- 도.설 3.9.2.6} = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 167796 + 1732438.400 / 16 = 276073.4 \text{ mm}^2$$

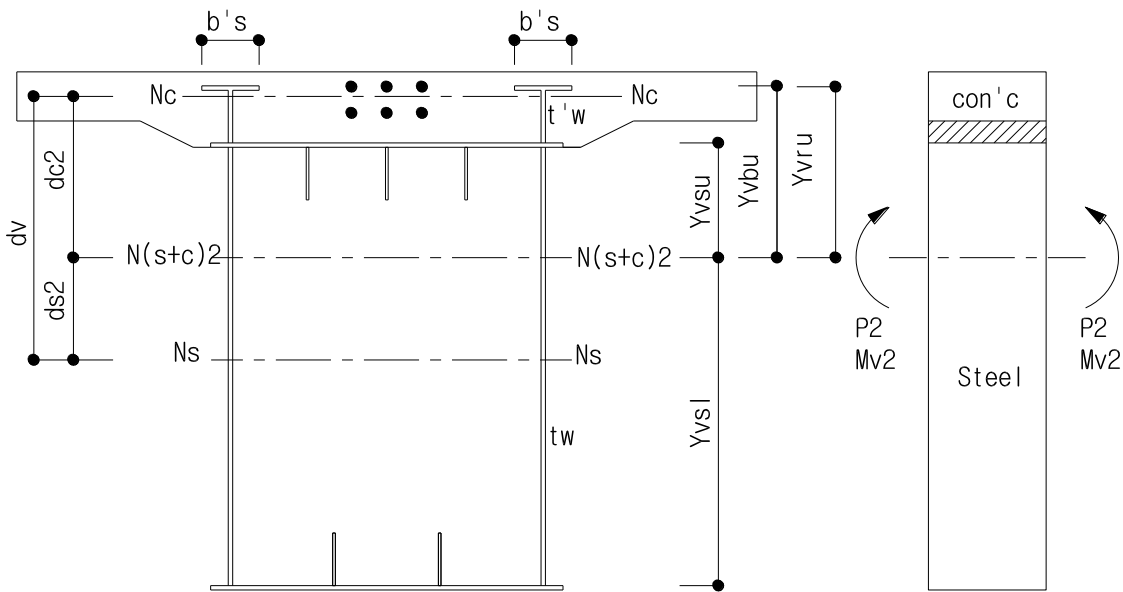
$$k = 0.050 : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1350.577 \times 167796 / (1732438 / 16 + 167796) = 820.9 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1350.6 - 820.9 = 529.7 \text{ mm}$$

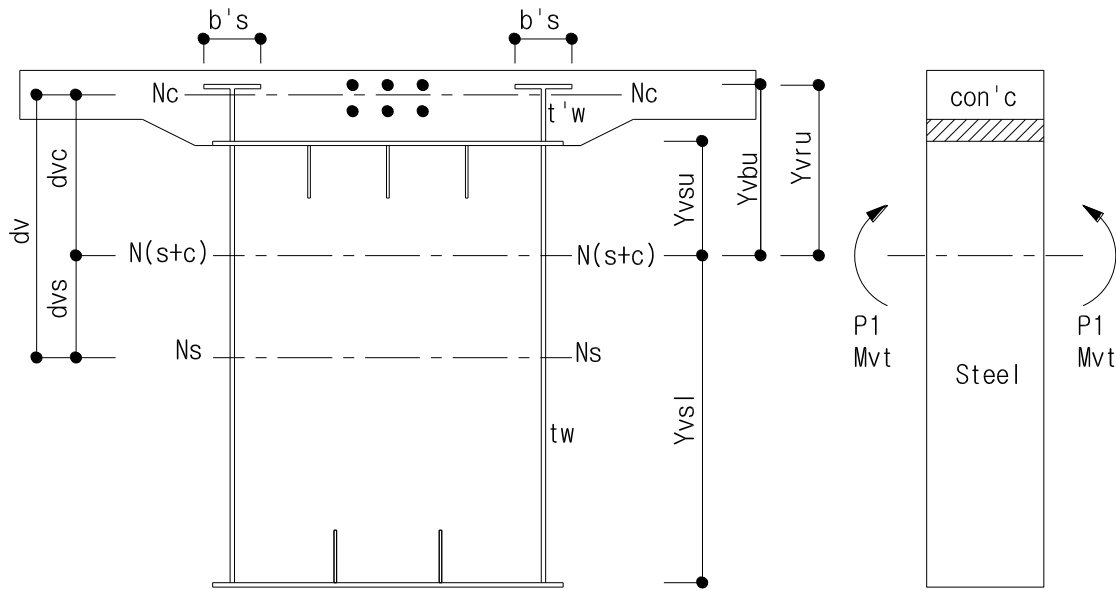
$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 166,238,886,129 + 11318597547 / 16 + 167796 \times \\
&\quad 760.96^2 + (1732438 / 16) \times 589.621^2 = 301,752,205,645 \text{ mm}^4 = 0.302 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -1126495.957 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -1126495.957 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -924711144 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -5.710 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -5.673 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -5.668 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -5.193 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 239980.933 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1350.577 \times 167796 / (1732438 / 24 + 167796) = 944.331 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 406.246 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3995436.06 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3773014417 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 20.384 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 20.232 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 20.213 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 18.274 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\varepsilon t = \alpha \times t \quad : \text{온도변화}(t) = 10$$

$$= 0.000012 \times 10$$

$$P1 = E_s \times \varepsilon t \times A_c / n$$

$$Mvt = P1 \times dvc$$

$$Ert = E_s \times \varepsilon t$$

$$fvru5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvru / I_{v33} - Ert$$

$$fvrl5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvrl / I_{v33} - Ert$$

$$fvbu5 =$$

$$fvsu5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / I_{v33}$$

$$fvsl5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvsl / I_{v33}$$

---- 도.설 2.1.12

$$= 0.00012$$

$$= 5327248 \quad N$$

$$= 3141059405 \quad N$$

$$= 25 \quad Mpa$$

$$= 2.078 \quad Mpa \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$= 1.951 \quad Mpa \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$= 0.000 \quad Mpa \quad : \text{bluep F.L}$$

$$= 26.536 \quad Mpa \quad : \text{상연(강재)}$$

$$= 24.921 \quad Mpa \quad : \text{하연(강재)}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / A_w + \{Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct + Mvt) / (2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 60.951 \quad Mpa$$

$$u_a = 125 \quad Mpa \quad \therefore u < u_a \quad O.K.!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / A_w + \{Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct + Mwt) / (2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 36.861 \quad Mpa$$

$$u_a = 150 \quad Mpa \quad \therefore u < u_a \quad O.K.!$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / A_w + \{Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 61.245 \quad Mpa$$

$$u_a = 156.25 \quad Mpa \quad \therefore u < u_a \quad O.K.!$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 3)^2 + 0.13 \times (0.0 / 3) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f1 - f2) / f1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b_2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b_2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b_2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$
 = $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (20 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$
 = 229.100 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b_2' \}^2$
 = $220000 \times \{ (20 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 550.000$ MPa

t_l = 20 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상면	하면				상면	하면	상면	하면
1				0.000	215.000	-66.726	57.756	215.000	215.000
1+2+3	-55.115	-46.717	160.000	0.000	215.000	-112.417	118.998	215.000	215.000
1+2+3+5	-60.825	-52.390	160.000	0.000	215.000	-118.085	113.805	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-40.442	-32.159	160.000	0.000	215.000	-97.872	132.079	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-38.364	-30.208	184.000	0.000	247.250	-71.337	157.000	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-42.519	-34.110	184.000	0.000	247.250	-124.408	107.158	247.250	247.250
1+2+4	-14.573	-12.352	192.000	0.000	258.000	-78.807	73.949	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-55.328	-46.898	200.000	0.000	268.750	-112.593	119.235	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-61.038	-52.571	200.000	0.000	268.750	-118.262	114.042	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-40.655	-32.339	200.000	0.000	268.750	-98.049	132.315	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-38.577	-30.388	216.000	0.000	290.250	-71.513	157.236	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-42.732	-34.290	216.000	0.000	290.250	-124.584	107.394	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /
 4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력
 *** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검 토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	31.0%	26.9%	OK	OK
1+2+3	34.4%	29.2%	OK	OK	0.0%	OK	52.3%	55.3%	OK	OK
1+2+3+5	38.0%	32.7%	OK	OK	0.0%	OK	54.9%	52.9%	OK	OK
1+2+3+5+6	25.3%	20.1%	OK	OK	0.0%	OK	45.5%	61.4%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	20.8%	16.4%	OK	OK	0.0%	OK	28.9%	63.5%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	23.1%	18.5%	OK	OK	0.0%	OK	50.3%	43.3%	OK	OK
1+2+4	7.6%	6.4%	OK	OK	0.0%	OK	30.5%	28.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	27.7%	23.4%	OK	OK	0.0%	OK	41.9%	44.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	30.5%	26.3%	OK	OK	0.0%	OK	44.0%	42.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	20.3%	16.2%	OK	OK	0.0%	OK	36.5%	49.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	17.9%	14.1%	OK	OK	0.0%	OK	24.6%	54.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	19.8%	15.9%	OK	OK	0.0%	OK	42.9%	37.0%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.096	0.072	0.238	0.238	0.334	0.310	OK	OK
1+2+3	0.273	0.306	0.238	0.238	0.511	0.544	OK	OK
1+2+3+5	0.302	0.280	0.238	0.238	0.539	0.518	OK	OK
1+2+3+5+6	0.207	0.377	0.238	0.238	0.445	0.615	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.083	0.403	0.238	0.238	0.321	0.641	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.253	0.188	0.238	0.238	0.491	0.426	OK	OK
1+2+4	0.093	0.082	0.060	0.060	0.154	0.143	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.176	0.197	0.154	0.154	0.329	0.350	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.194	0.180	0.154	0.154	0.347	0.334	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.133	0.242	0.154	0.154	0.287	0.396	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.061	0.293	0.154	0.154	0.214	0.447	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.184	0.137	0.154	0.154	0.338	0.291	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-118.085}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{60.951}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.302 + 0.238 = 0.539 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{157.000}{247.250}\right)^2 + \left(\frac{60.951}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.403 + 0.238 = 0.641 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 1 단
 $t_{min} = H / (206 \times 1.200) = 2254 / (206 \times 1.20) = 9.12 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 57.8} = 1.929 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

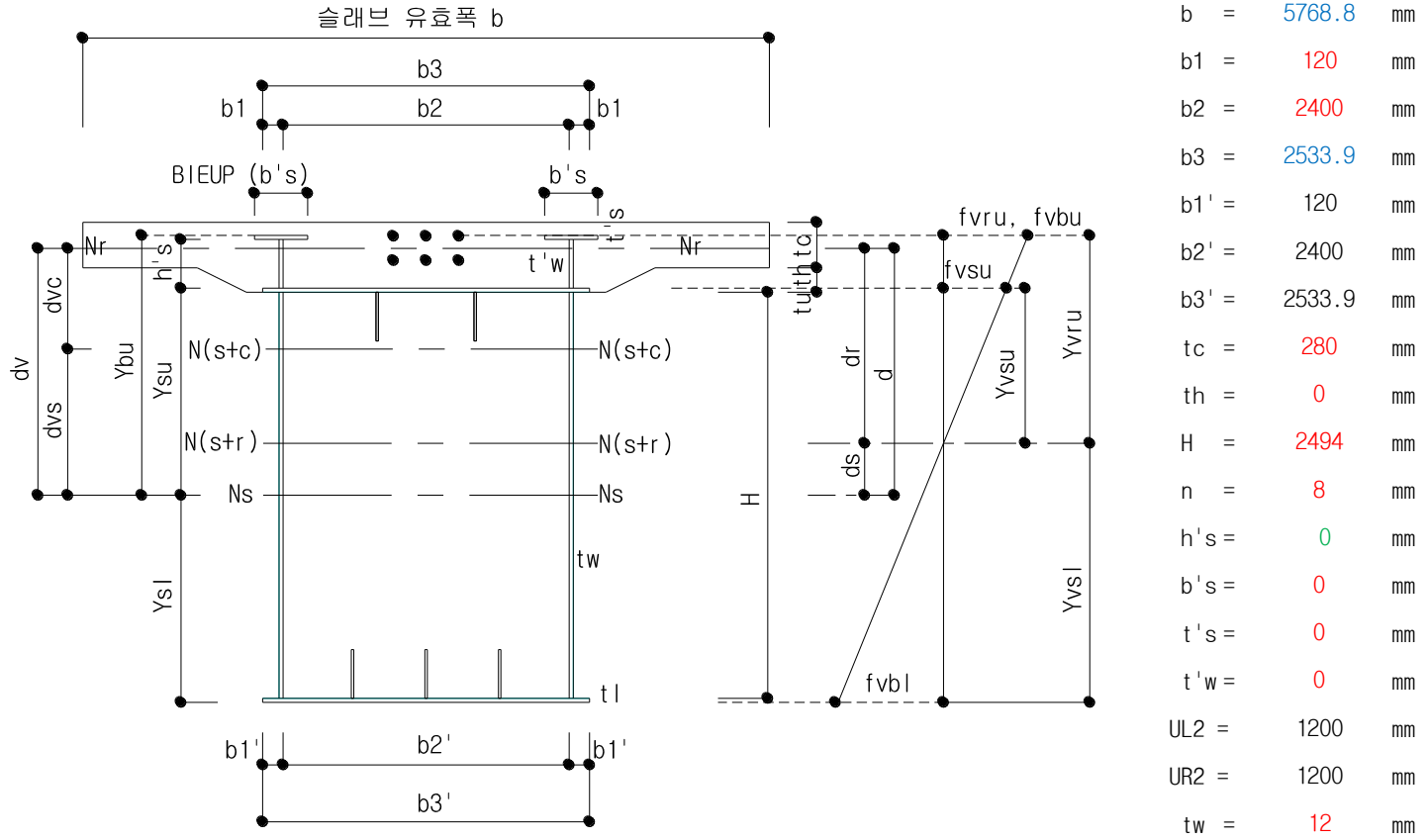
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-86.744	75.083	355.000	OK	OK
1+2+3	-106.473	-90.249	240.000	OK	0.000	-175.010	193.392	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-108.550	-92.200	240.000	OK	0.000	-201.546	218.313	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-112.183	-95.922	240.000	OK	0.000	-180.679	188.199	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-91.799	-75.691	240.000	OK	0.000	-160.466	206.472	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-89.721	-73.740	240.000	OK	0.000	-133.930	231.393	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-93.877	-77.642	240.000	OK	0.000	-187.001	181.551	355.000	OK	OK
1+2+4	-18.817	-15.950	240.000	OK	0.000	-102.343	95.992	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-106.686	-90.430	240.000	OK	0.000	-175.187	193.629	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-104.608	-88.479	240.000	OK	0.000	-148.651	218.550	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-112.396	-96.103	240.000	OK	0.000	-180.855	188.436	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-92.012	-75.871	240.000	OK	0.000	-160.642	206.709	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-89.934	-73.920	240.000	OK	0.000	-134.107	231.630	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-94.090	-77.822	240.000	OK	0.000	-187.178	181.788	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : 단면 - 5] : 절점 10 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-15309.134
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-4691.668
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-307.810
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-9938.089
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1384.928
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-442.087
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-52.172
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-977.876
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-251.776
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-353.760
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-26.778
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-1087.760
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

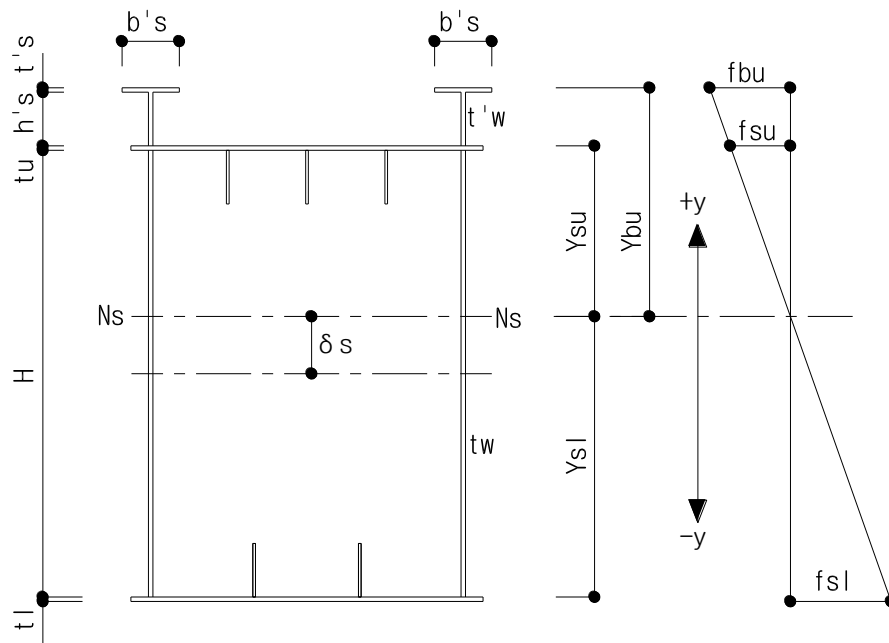
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2534	X 18	45610.7	1256	57287089	71952584337	1231489.98
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1187	3418560	4057830720	3456000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2494	X 12	59856	0	0	0	31025539568
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1172	-12306000	14422632000	19687500
Lower FL.	1	;	2534	X 20	50678.6	-1257	-63703000	80074671251	1689286.667
TOTAL					169525.3		-15303351	1.70508E+11	31051603845
상부철근					17864.851	1467	26207736	38446748911	
하부철근					17864.851	1287	22992063	29590785068	
철근합계					35729.702		49199799	68037533979	
바닥판	1	;	5769	X 280	1615266.80	1387	2.24E+09	3.1074E+12	10553076427

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 170507718308 + 31051603845 = 201559322153 \text{ mm}^4$$

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

$$= -15303350.76 / 169525.34 = -90.272 \text{ mm}$$

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

$$= 201559322153 - 169525.34 \times (-90.272)^2 = 200,177,861,750 \text{ mm}^4 = 0.200 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2494 / 2 + 18 - (-90.272) = 1355.272 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1355.272 - 2532 = -1176.728 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 6,061,356 \text{ mm}^2$$

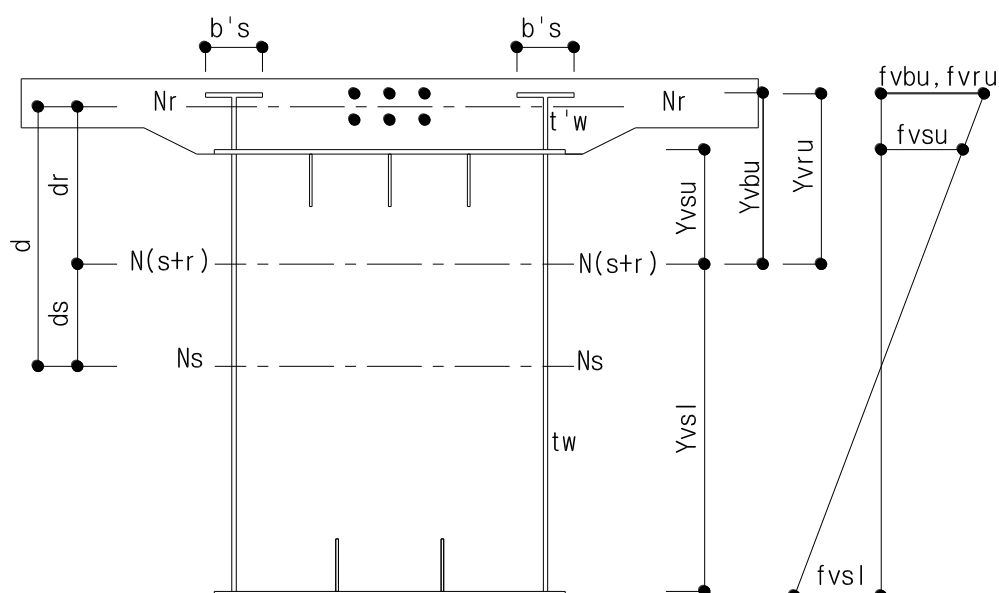
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -103.648 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 89.993 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$u = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 24.868 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 169525.34 + 35729.70162 = 205,255.0 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + th + tcl + (tc - tcu - tcl) * Aru / Ar$$

$$= 2494 / 2 - -90.272 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 17864.85081 / 35729.702 = 1467.272 \text{ mm}$$

여기서, Ar_u 는 상부철근 단면적 Ar_l 은 하부철근 단면적 이고, Ar 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1211.857 \text{ mm}$$

$$ds = d - dr = 255.415 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = \frac{263,709,681,894}{10^6} \text{ mm}^4 = 0.264 \text{ m}^4$$

$$F_v = b * h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) * (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 6,103,566 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = dr + (tc - tcu - tcl) \cdot Arl / Ar = 1301.857 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = dr - (tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1121.857 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = \frac{0.000}{\text{mm}}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 1099.857 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1432.143 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -23.161 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrI} / I_{v33} = \underline{-19.959} \text{ Mpa} : \text{하연 (RE-BAR)}$$

$f_{vbu} = 0.000$ Mpa : biuep F.L

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = \underline{-19.568} \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$\frac{f_{vsl}}{M_{sc}} = \frac{M_{sc} \cdot Y_{vsl}}{I_{v33}} = \frac{25.479}{Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{U} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_1) = \underline{9.801} \quad \text{Mpa}$$

(3) **활하중 응력산정**

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -49.061 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$\underline{f_{vrl1}} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = \underline{-42.278} \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$f_{vbu1} = 0.000$ Mpa : biuep F.L

$$\underline{f_{vsu1}} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = \underline{-41.449} \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$\frac{f_{vs1}}{l} = M_v \cdot Y_{vs1} / I_{v33} = \underline{53.971} \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{U} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = \underline{23.763} \quad \text{Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -1.520 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.309 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

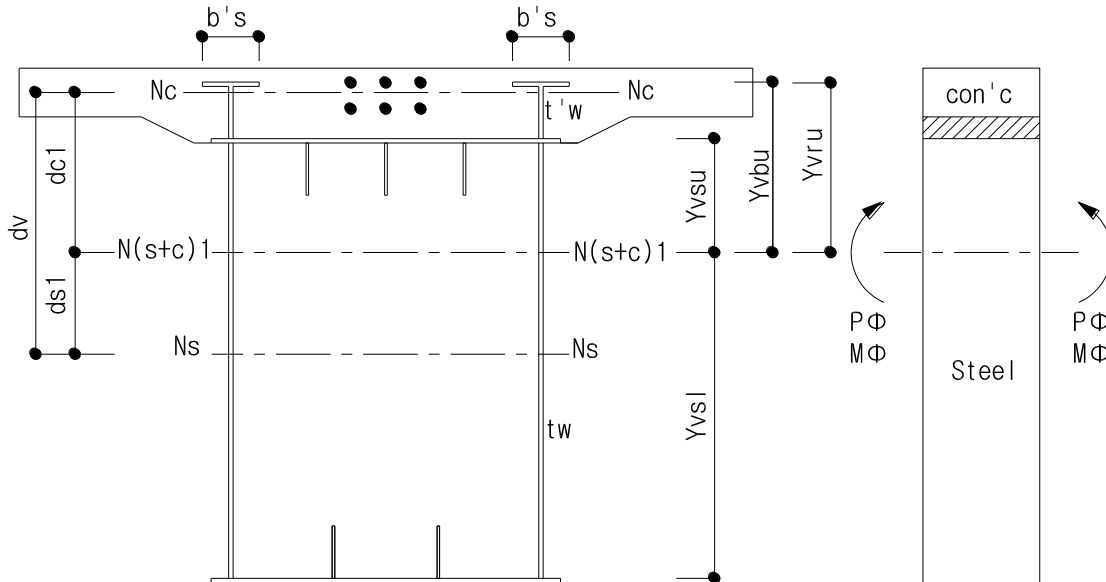
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.284 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 1.672 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.054 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 5768.8 \times 280 = 1615266.800 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 169525.34 + 1615266.800 / 8 = 371433.69 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta s + t_h + t_c / 2 = 2494 / 2 - 90.272 + 0.0 + 280 / 2 = 1477.3 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1477.3 \times 169525.34 / (1615266.8 / 8 + 169525.34) = 674.2 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 1477.3 - 674.2 = 803.0 \text{ mm}$$

$$n1 = n \times (1 + \phi1 / 2) : \text{크리프계수}(\phi1) = 2.0 \text{ ---- 도.설 3.9.2.6} = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 169525.34 + 1615266.800 / 16 = 270479.515 \text{ mm}^2$$

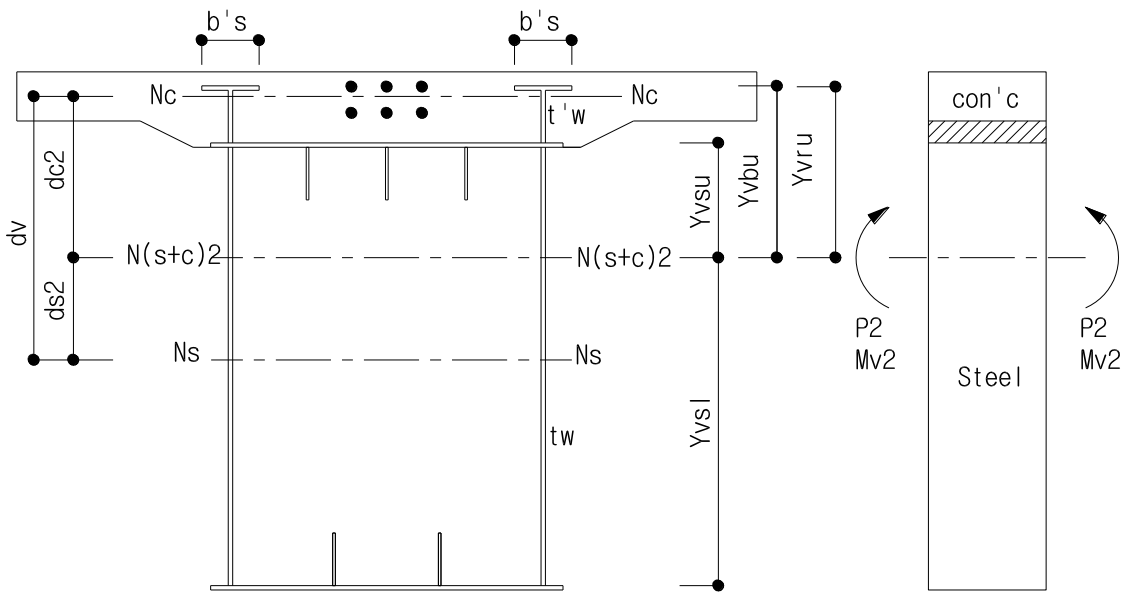
$$k = -0.071 : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1477.272 \times 169525 / (1615267 / 16 + 169525.34) = 925.9 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1477.3 - 925.9 = 551.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 200,177,861,750 + 10553076427 / 16 + 169525.34 \times \\
&\quad 803.03^2 + (1615267 / 16) \times 674.239^2 = 356,051,432,624 \text{ mm}^4 = 0.356 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -1793835.198 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -1793835.198 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -1660898841 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -8.161 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -8.241 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -8.251 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -9.376 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 169525.34 + 1615267 / 24 = 236828.123 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1477.272 \times 169525 / (1615267 / 24 + 169525.34) = 1057.455 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 1477.272 - 1057.455 = 419.817 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3725209.058 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3939239594 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 16.777 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 16.966 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 16.990 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 19.659 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b_2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b_2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b_2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$
 = $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (20 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$
 = 229.100 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b_2' \}^2$
 = $220000 \times \{ (20 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 550.000$ MPa

t_l = 20 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상면	하면				상면	하면	상면	하면
1				0.000	215.000	-103.648	89.993	215.000	215.000
1+2+3	-72.223	-62.237	160.000	0.000	215.000	-164.665	169.444	215.000	215.000
1+2+3+5	-80.384	-70.478	160.000	0.000	215.000	-172.915	160.068	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-63.607	-53.511	160.000	0.000	215.000	-155.926	179.727	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-65.175	-54.918	184.000	0.000	247.250	-132.712	205.210	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-62.039	-52.105	184.000	0.000	247.250	-179.139	154.244	247.250	247.250
1+2+4	-24.681	-21.268	192.000	0.000	258.000	-124.499	117.144	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-72.983	-62.892	200.000	0.000	268.750	-165.306	170.280	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-81.143	-71.133	200.000	0.000	268.750	-173.557	160.904	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-64.367	-54.166	200.000	0.000	268.750	-156.567	180.563	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-65.935	-55.573	216.000	0.000	290.250	-133.354	206.045	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-62.799	-52.760	216.000	0.000	290.250	-179.781	155.080	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검 토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	48.2%	41.9%	OK	OK
1+2+3	45.1%	38.9%	OK	OK	0.0%	OK	76.6%	78.8%	OK	OK
1+2+3+5	50.2%	44.0%	OK	OK	0.0%	OK	80.4%	74.5%	OK	OK
1+2+3+5+6	39.8%	33.4%	OK	OK	0.0%	OK	72.5%	83.6%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	35.4%	29.8%	OK	OK	0.0%	OK	53.7%	83.0%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	33.7%	28.3%	OK	OK	0.0%	OK	72.5%	62.4%	OK	OK
1+2+4	12.9%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	48.3%	45.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	36.5%	31.4%	OK	OK	0.0%	OK	61.5%	63.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	40.6%	35.6%	OK	OK	0.0%	OK	64.6%	59.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	32.2%	27.1%	OK	OK	0.0%	OK	58.3%	67.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	30.5%	25.7%	OK	OK	0.0%	OK	45.9%	71.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	29.1%	24.4%	OK	OK	0.0%	OK	61.9%	53.4%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.232	0.175	0.219	0.219	0.451	0.394	OK	OK
1+2+3	0.587	0.621	0.219	0.219	0.805	0.840	OK	OK
1+2+3+5	0.647	0.554	0.219	0.219	0.865	0.773	OK	OK
1+2+3+5+6	0.526	0.699	0.219	0.219	0.744	0.917	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.288	0.689	0.219	0.219	0.507	0.907	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.525	0.389	0.219	0.219	0.743	0.608	OK	OK
1+2+4	0.233	0.206	0.057	0.057	0.290	0.263	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.378	0.401	0.142	0.142	0.521	0.544	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.417	0.358	0.142	0.142	0.559	0.501	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.339	0.451	0.142	0.142	0.482	0.594	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.211	0.504	0.142	0.142	0.353	0.646	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.384	0.285	0.142	0.142	0.526	0.428	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-172.915}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{58.432}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.647 + 0.219 = 0.865 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{179.727}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{58.432}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.699 + 0.219 = 0.917 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 1 단
 $t_{min} = H / (206 \times 1.200) = 2494 / (206 \times 1.20) = 10.09 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 90.0} = 1.546 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

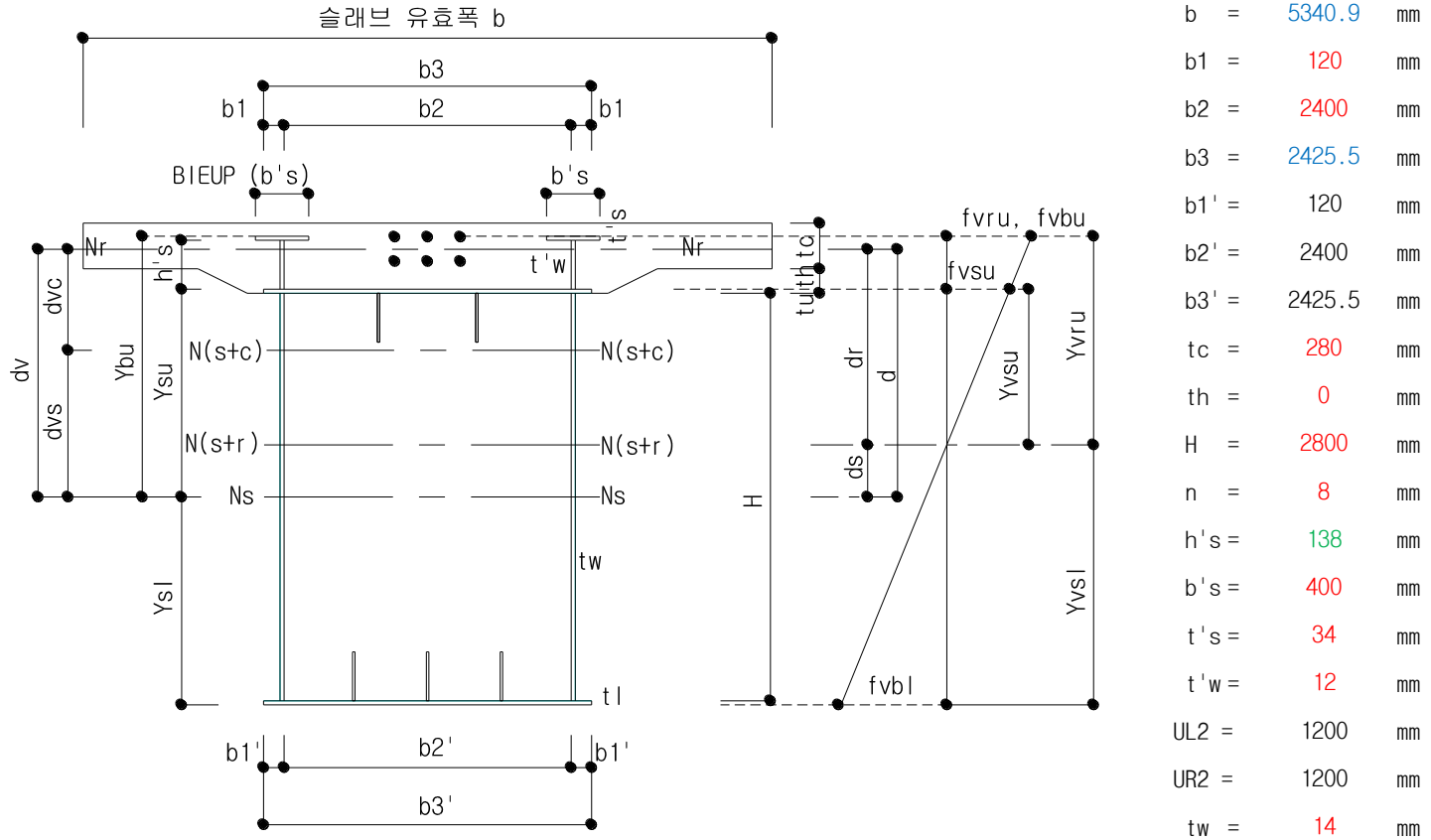
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-134.742	116.991	355.000	OK	OK
1+2+3	-135.592	-116.844	240.000	OK	0.000	-249.295	266.153	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-137.160	-118.251	240.000	OK	0.000	-272.509	291.635	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-143.753	-125.085	240.000	OK	0.000	-257.546	256.777	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-126.976	-108.119	240.000	OK	0.000	-240.556	276.436	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-128.544	-109.525	240.000	OK	0.000	-217.343	301.918	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-125.408	-106.712	240.000	OK	0.000	-263.770	250.953	355.000	OK	OK
1+2+4	-31.629	-27.256	240.000	OK	0.000	-161.464	151.786	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-136.352	-117.499	240.000	OK	0.000	-249.937	266.989	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-137.920	-118.906	240.000	OK	0.000	-226.724	292.471	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-144.512	-125.740	240.000	OK	0.000	-258.188	257.613	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-127.736	-108.774	240.000	OK	0.000	-241.198	277.272	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-129.304	-110.180	240.000	OK	0.000	-217.985	302.754	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-126.168	-107.367	240.000	OK	0.000	-264.411	251.789	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : 단면 - 6] : 절점 11 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

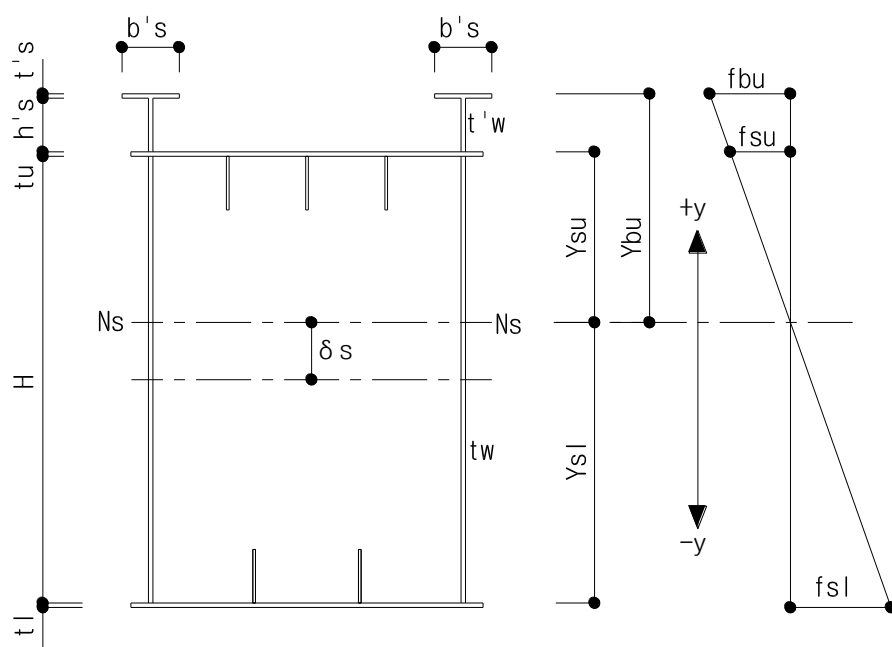


구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-22456.068
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-7165.592
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-718.410
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-13302.975
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1629.837
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-553.228
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-82.459
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-1145.281
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-502.212
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-383.748
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-42.378
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-1387.853
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

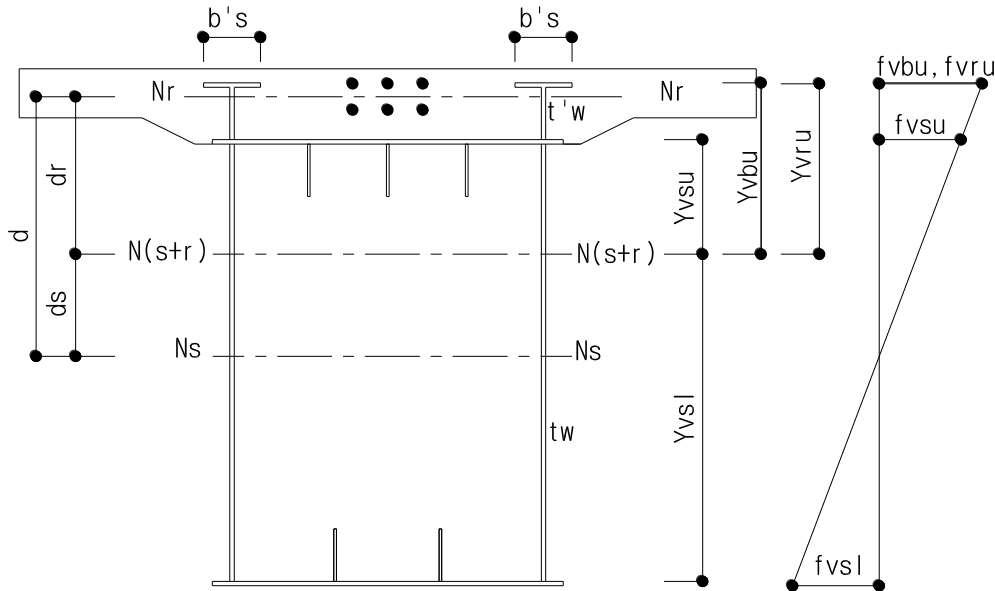
부재 구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2425	X 18	43658.6	1409	61515024	86674668478	1178783.28
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1340	3859200	5171328000	3456000
Bieup FL.	2	;	400	X 34	27200	1573	42785600	67301748800	2620266.667
Bieup WEB	2	;	138	X 12	3312	1487	4924944	7323391728	5256144
Bieup WEB	2	;	-50	X 12	-1200	1465	-1758000	-2575470000	-250000
WEB	2	;	2800	X 14	78400	0	0	0	51221333333
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1325	-13912500	18434062500	19687500
Lower FL.	1	;	2425	X 28	67913.4	-1414	-96029604	1.35786E+11	4437011.413
TOTAL					232664.1		1384663.6	3.18116E+11	51257719039
상부철근					16539.792	1620	26794463	43407030188	
하부철근					16539.792	1440	23817301	34296912741	
철근합계					33079.584		50611764	77703942929	
바닥판	1	;	5341	X 280	1495460.40	1540	2.303E+09	3.54663E+12	9770341280

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = \underline{23.421} \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 232664.08 + 33079.58405 = 265,743.7 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + t_h + t_{cl} + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r$$

$$= 2800 / 2 - 5.951 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 16539.79202 / 33079.584 = 1524.049 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1334.336 \text{ mm}$$

$$d_s = d - d_r = 189.713 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 436,635,486,234 \text{ mm}^4 = 0.437 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \cdot h \cdot ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \cdot (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 6,856,967 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1424.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = d_r - (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1244.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + 220 = 1424.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 1222.336 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1623.664 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -23.375 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -20.421 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu} = M_{sc} \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = -23.375 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -20.060 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 26.646 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 9.055 \text{ Mpa}$$

(3) 활하중 응력산정

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -43.395 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl1} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -37.911 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu1} = M_v \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = -43.395 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu1} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -37.241 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl1} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 49.468 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

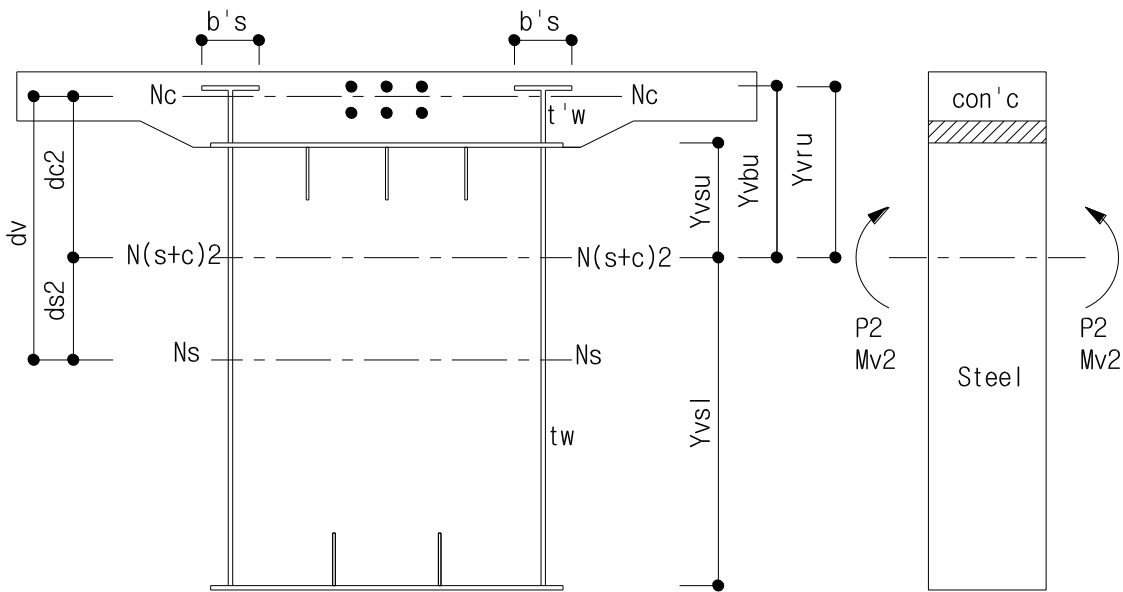
$$\underline{u} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 21.837 \text{ Mpa}$$

$f_{vru2} =$	$Mw \cdot Yvru / Iv33 =$	-2.344	Mpa	: 상연 (RE-BAR)
$f_{vrl2} =$	$Mw \cdot Yvrl / Iv33 =$	-2.047	Mpa	: 하연 (RE-BAR)
$f_{vbu2} =$	$Mw \cdot Yvbu / Iv33 =$	-2.344	Mpa	: biuep F.L
$f_{vsu2} =$	$Mw \cdot Yvsu / Iv33 =$	-2.011	Mpa	: 상연 (강재)
$f_{vsl2} =$	$Mw \cdot Yvsl / Iv33 =$	2.671	Mpa	: 하연 (강재)
$\sigma =$	$Sw / Aweb + Mwt / (2 \cdot Fv \cdot tw) =$	1.245	Mpa	

- 226 -

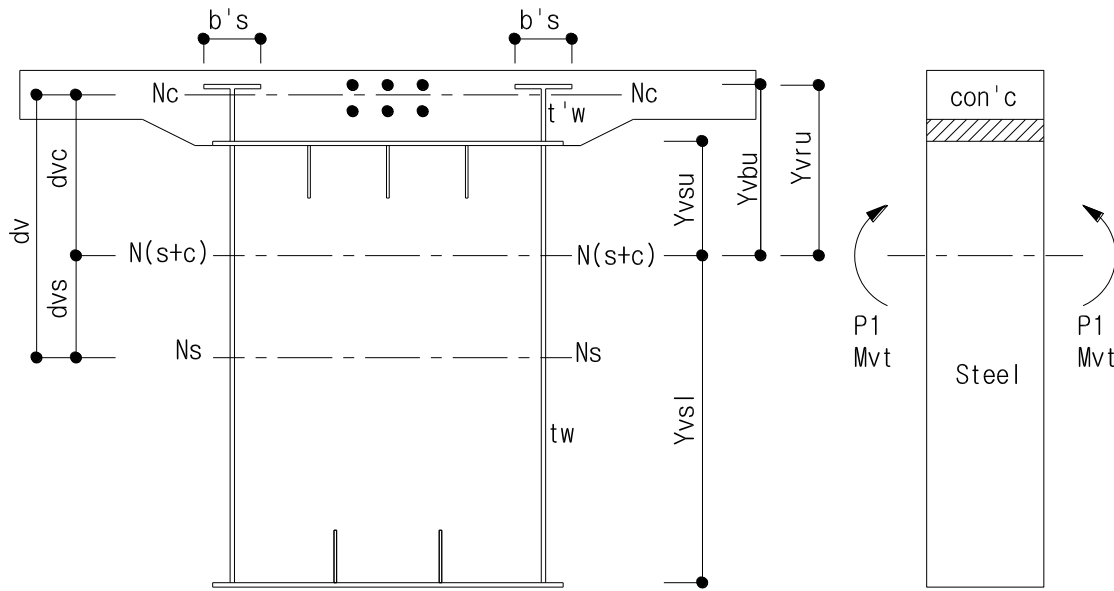
$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 369,365,068,220 + 9770341280 / 16 + 232664.08 \times \\
&\quad 683.43^2 + (1495460 / 16) \times 850.622^2 = 546,274,881,752 \text{ mm}^4 = 0.546 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -2085750.028 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -2085750.028 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -2282650964 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -6.426 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -6.606 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = -6.426 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -6.628 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -9.470 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 294974.930 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1534.049 \times 232664 / (1495460 / 24 + 232664.08) = 1209.994 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 324.054 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3448905.548 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 4173156471 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 10.378 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 10.707 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 10.378 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.747 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 15.942 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\varepsilon t = \alpha \times t \quad : \text{온도변화}(t) = 10$$

$$= 0.000012 \times 10$$

$$P1 = Es \times \varepsilon t \times Ac / n$$

$$Mvt = P1 \times dvc$$

$$Ert = Es \times \varepsilon t$$

$$fvru5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvru / Iv33 - Ert$$

$$fvrl5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvrl / Iv33 - Ert$$

$$fvbu5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvbu / Iv33$$

$$fvsu5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / Iv33$$

$$fvsl5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl / Iv33$$

---- 도.설 2.1.12

$$= 0.00012$$

$$= 4598541 \quad N$$

$$= 3911618762 \quad N$$

$$= 25 \quad Mpa$$

$$= -9.733 \quad Mpa \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$= -9.425 \quad Mpa \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$= 14.867 \quad Mpa \quad : \text{bluep F.L}$$

$$= 15.213 \quad Mpa \quad : \text{상연(강재)}$$

$$= 20.083 \quad Mpa \quad : \text{하연(강재)}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 54.313 \quad Mpa$$

$$ua = 125 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad O.K.!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 32.990 \quad Mpa$$

$$ua = 150 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad O.K.!$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 53.822 \quad Mpa$$

$$ua = 156.25 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad O.K.!$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 3)^2 + 0.13 \times (0.0 / 3) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f1 - f2) / f1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b_2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$

② = $b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$

③ = $b_2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b_2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$

= $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (28 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 255.957 \text{ MPa}$

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b_2' \}^2$

= $220000 \times \{ (28 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 1078.000 \text{ MPa}$

t_l = 28 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L			Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연					상연	하연	상연	하연
1				-98.128	215.000		-85.847	87.179	215.000	215.000
1+2+3	-66.770	-58.332	160.000	-164.898	215.000		-143.148	163.293	215.000	215.000
1+2+3+5	-73.196	-64.938	160.000	-171.325	215.000		-149.776	153.823	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-62.818	-54.231	160.000	-160.947	215.000		-139.029	169.765	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-72.551	-63.656	184.000	-146.080	247.250		-123.817	189.848	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-53.085	-44.807	184.000	-175.814	247.250		-154.242	149.683	247.250	247.250
1+2+4	-25.718	-22.468	192.000	-123.847	258.000		-107.918	116.496	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-67.942	-59.356	200.000	-166.070	268.750		-144.154	164.629	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-74.368	-65.962	200.000	-172.496	268.750		-150.782	155.159	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-63.990	-55.255	200.000	-162.118	268.750		-140.035	171.101	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-73.723	-64.680	216.000	-147.251	290.250		-124.822	191.184	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-54.257	-45.830	216.000	-176.986	290.250		-155.248	151.018	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					45.6%	OK	39.9%	40.5%	OK	OK
1+2+3	41.7%	36.5%	OK	OK	76.7%	OK	66.6%	76.0%	OK	OK
1+2+3+5	45.7%	40.6%	OK	OK	79.7%	OK	69.7%	71.5%	OK	OK
1+2+3+5+6	39.3%	33.9%	OK	OK	74.9%	OK	64.7%	79.0%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	39.4%	34.6%	OK	OK	59.1%	OK	50.1%	76.8%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	28.9%	24.4%	OK	OK	71.1%	OK	62.4%	60.5%	OK	OK
1+2+4	13.4%	11.7%	OK	OK	48.0%	OK	41.8%	45.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	34.0%	29.7%	OK	OK	61.8%	OK	53.6%	61.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	37.2%	33.0%	OK	OK	64.2%	OK	56.1%	57.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	32.0%	27.6%	OK	OK	60.3%	OK	52.1%	63.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	34.1%	29.9%	OK	OK	50.7%	OK	43.0%	65.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	25.1%	21.2%	OK	OK	61.0%	OK	53.5%	52.0%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.159	0.164	0.189	0.189	0.348	0.353	OK	OK
1+2+3	0.443	0.577	0.189	0.189	0.632	0.766	OK	OK
1+2+3+5	0.485	0.512	0.189	0.189	0.674	0.701	OK	OK
1+2+3+5+6	0.418	0.623	0.189	0.189	0.607	0.812	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.251	0.590	0.189	0.189	0.440	0.778	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.389	0.366	0.189	0.189	0.578	0.555	OK	OK
1+2+4	0.175	0.204	0.048	0.048	0.223	0.252	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.288	0.375	0.119	0.119	0.406	0.494	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.315	0.333	0.119	0.119	0.433	0.452	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.272	0.405	0.119	0.119	0.390	0.524	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.185	0.434	0.119	0.119	0.304	0.553	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.286	0.271	0.119	0.119	0.405	0.389	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-149.776}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{54.313}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.485 + 0.189 = 0.674 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{169.765}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{54.313}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.623 + 0.189 = 0.812 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 244 / 16 = 15.25 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 28 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 28 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 1 단
 $t_{min} = H / (206 \times 1.200) = 2800 / (206 \times 1.20) = 11.33 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 87.2} = 1.570 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 138 / 121 = 1.1405 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

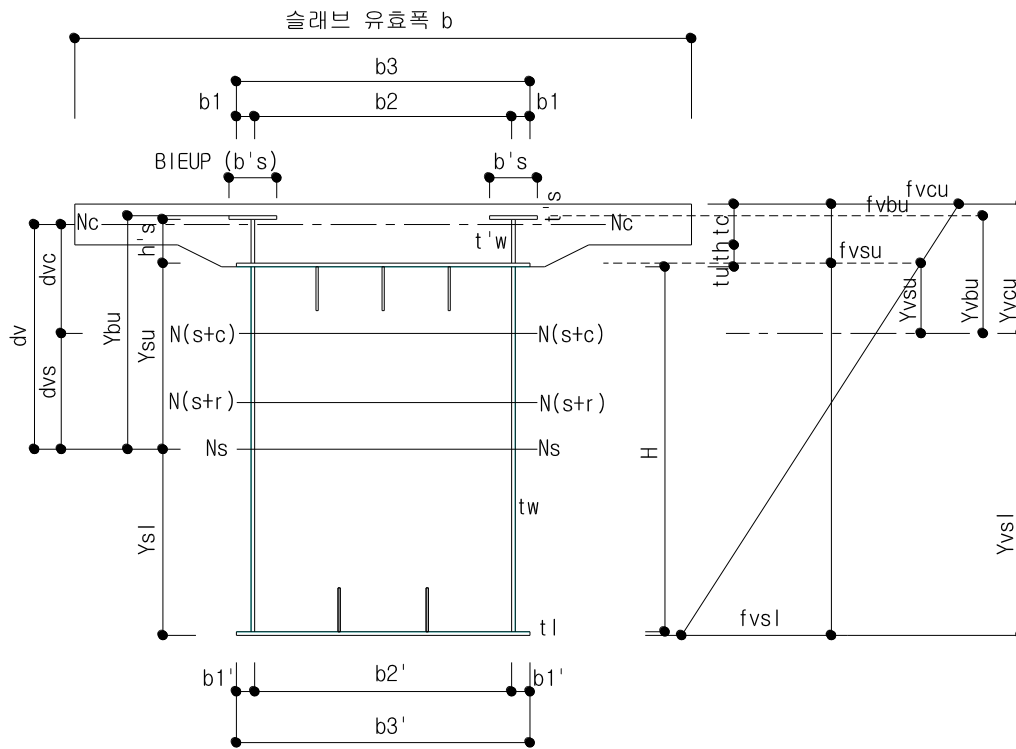
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					-127.567	-111.602	113.333	355.000	OK	OK
1+2+3	-123.687	-108.056	240.000	OK	-251.254	-217.747	254.329	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-133.420	-117.481	240.000	OK	-266.121	-232.960	274.412	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-130.113	-114.662	240.000	OK	-257.680	-224.375	244.859	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-119.735	-103.955	240.000	OK	-247.302	-213.629	260.801	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-129.468	-113.380	240.000	OK	-232.435	-198.416	280.884	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-110.002	-94.531	240.000	OK	-262.169	-228.841	240.719	355.000	OK	OK
1+2+4	-32.731	-28.594	240.000	OK	-160.297	-139.690	150.644	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-124.859	-109.080	240.000	OK	-252.425	-218.753	255.665	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-134.592	-118.505	240.000	OK	-237.558	-203.540	275.748	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-131.285	-115.686	240.000	OK	-258.852	-225.381	246.195	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-120.907	-104.979	240.000	OK	-248.474	-214.634	262.137	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-130.640	-114.404	240.000	OK	-233.607	-199.421	282.220	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-111.174	-95.554	240.000	OK	-263.341	-229.847	242.054	355.000	OK	OK

4.7 단 면 검 토(정모멘트)

[G1 : SPLICE - 1] : 절점 3 로 부터 이격거리 1.872 m

1) 단면가정 및 설계조건



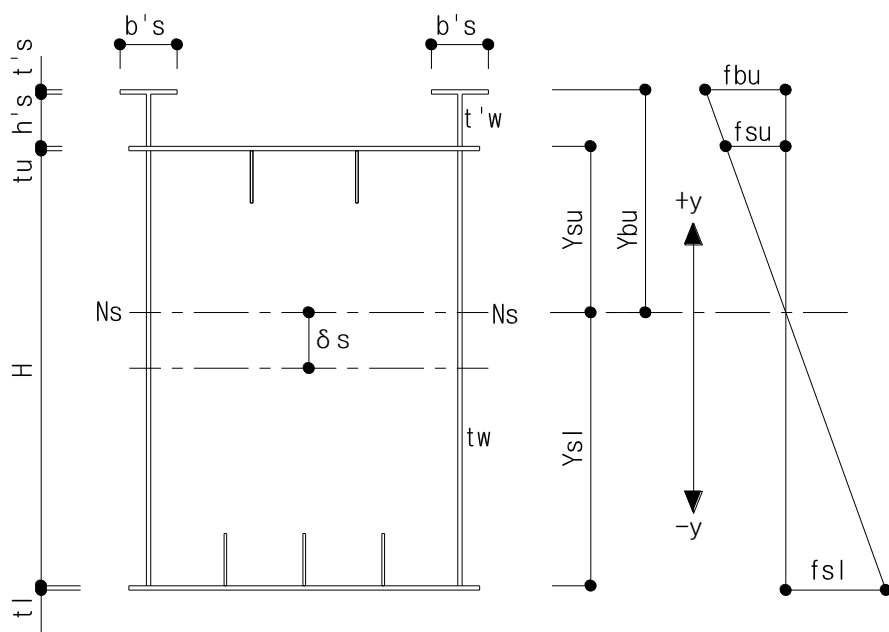
b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\Phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수 $\Phi 1$ 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	6638.112
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	2036.152
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	90.781
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	6080.650
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-234.233
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-74.322
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-1.430
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-522.472
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-277.969
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-97.341
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-69.063
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-950.987
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

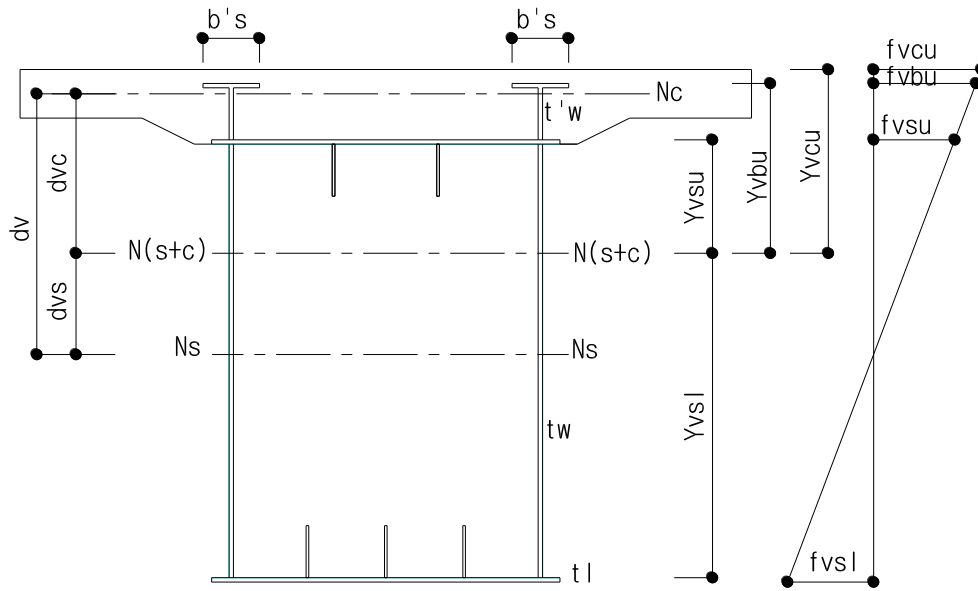
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					120960		-1373280	81889704480	21308696160
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = \underline{6.608} \quad \text{Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 120960 + 1732438 / 8 = 337514.800 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6187.3 \times 280^3) / 12 = 11318597547 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1251.353 \times 120960 / 337515 = 448.465 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1251.353 - 448.465 = 802.888 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 103,182,809,552 + 11318597547 / 8 + 120960 \times 802.89^2 + (1732438 / 8) \times 448.465^2 = 226,125,695,796 \text{ mm}^4 = 0.226 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + (tu + tc/n) / 2 + tl/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (10 + 280 / 8) / 2 + 12 / 2 \} = 5,375,142 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 588.465 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 308.465 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 318.465 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1903.535 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.662 \text{ Mpa} \quad : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.347 \text{ Mpa} \quad : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 2.868 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -17.140 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 2.162 \text{ Mpa}$$

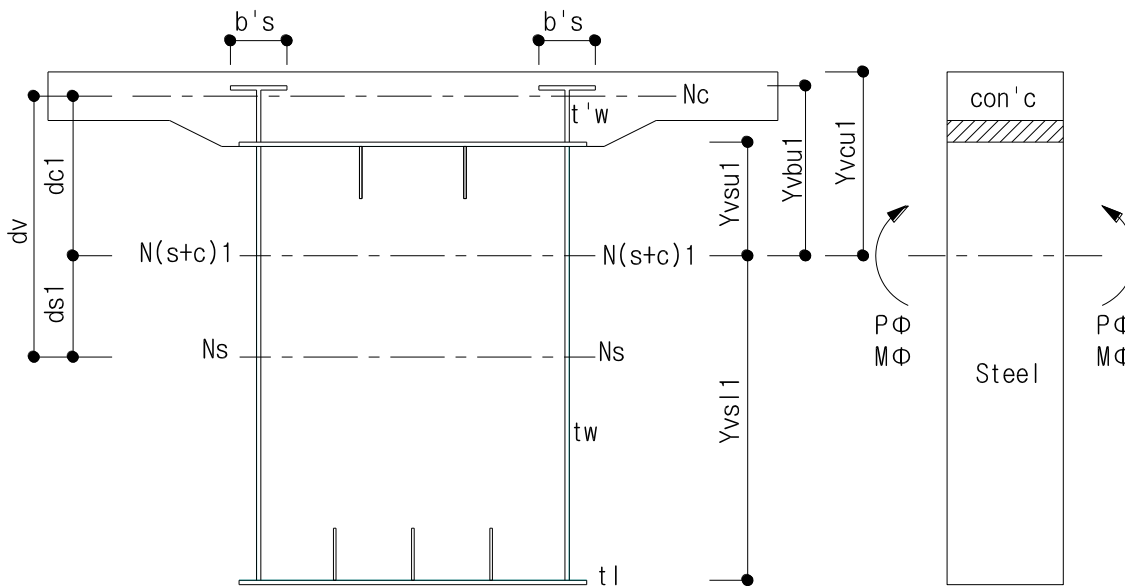
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 1.978 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.037 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 8.564 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -51.187 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 17.267 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.030 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.015 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.128 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.764 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.562 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

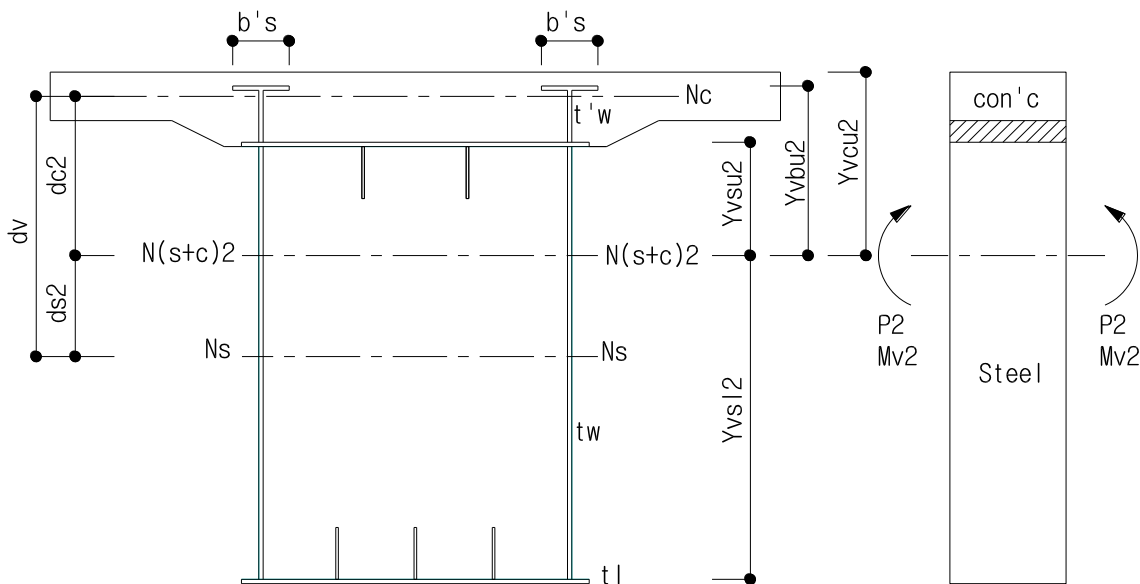
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 120960 + 1732438 / 16 = 229237.400 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm} \\
 k &= 0.727 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 16 + 120960) = 660.292 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1251.353 - 660.292 = 591.061 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 800.292 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 520.292 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 740.292 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 530.292 &\text{ mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1691.708 &\text{ mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d_{s1}^2 + (A_c / n_1) \times d_{c1}^2 \\
&= 103,182,809,552 + 11318597547 / 16 + 120960 \times 591.061^2 + (1732438 / 16) \times 660.292^2 &= 193,355,377,647 &\text{ mm}^4 = 0.193 &\text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 874494.0 &\text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 874494.0 &\text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} &= 577421647.2 &\text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{ Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.662 &\text{ Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vc1} / (n \times I_{vc33}) &= 0.347 &\text{ Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.315 &\text{ Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vc13} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vc11} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.038 &\text{ Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 4.966 &\text{ Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 0.141 &\text{ Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

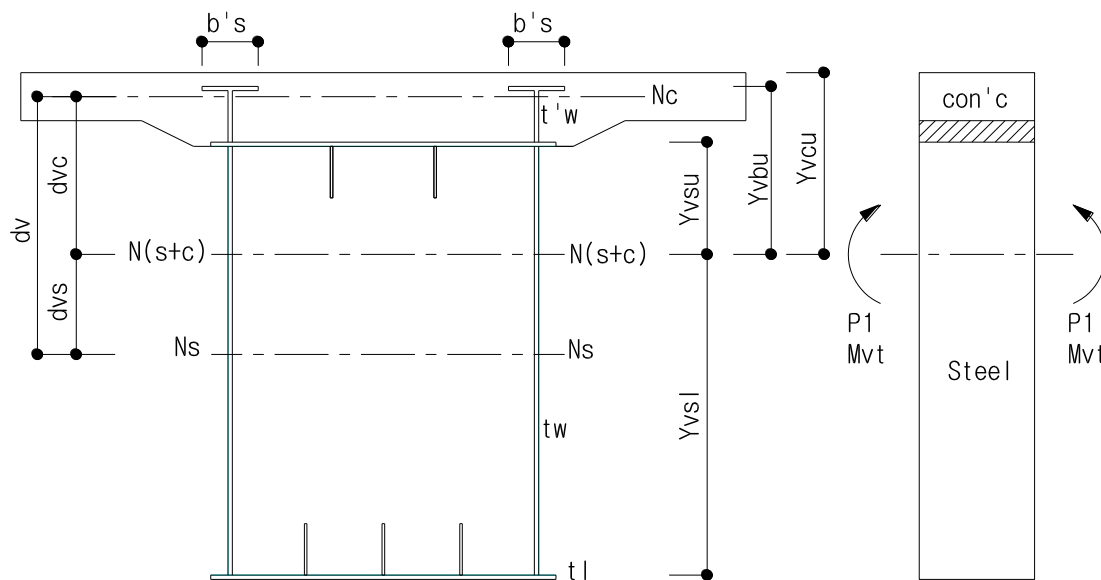
(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6187.3 \times 280 &= 1732438.400 &\text{ mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) &: \text{크리프계수}(\Phi_2) &4.0 &\text{ --- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 & \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 120960 + 1732438 / 24 &= 193144.933 &\text{ mm}^2 \\
d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 &= 1251.353 &\text{ mm} \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) &: \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} & \\
&= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 24 + 120960) &= 783.679 &\text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c1} &= 1251.353 - 783.679 &= 467.674 &\text{ mm} \\
Y_{vcu2} &= d_{c2} + t_c / 2 &= 923.679 &\text{ mm} \\
Y_{vc12} &= Y_{vcu2} - t_c &= 643.679 &\text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vc12} - t_h + 220 &= 863.679 &\text{ mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 653.679 &\text{ mm} \\
Y_{vs12} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1568.321 &\text{ mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 103,182,809,552 + 11318597547 / 24 + 120960 \times 467.674^2 + (1732438 / 24) \times 783.679^2 &= 174,443,261,305 &\text{ mm}^4 = 0.174 &\text{ m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 3995436.1 &\text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3131140407.4 &\text{ N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -0.942 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vc14} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vc12}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.094 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 29.219 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vs14} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vs12} / I_{vd33} &= 0.214 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) &= 10 & \text{---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5327248 &\text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2389085971 &\text{ N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -0.905 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vc15} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vc1} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.174 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 18.231 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vs15} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vs1} / I_{v33} &= 1.158 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + \{ M_{st}/(2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 26.037 &\text{ Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{ Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{O.K.!!}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 9.333 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 26.319 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \leq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	72.141	-70.808	135.100	215.000
1+2+3	2.640	1.384	10.800	10.800	0.000	215.000	83.572	-139.136	215.000	215.000
1+2+3+5	2.325	1.346	10.800	10.800	0.000	247.250	88.538	-138.995	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.383	0.252	10.800	10.800	0.000	247.250	117.757	-138.781	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.478	-0.922	12.420	2.174	0.000	279.500	135.988	-137.623	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.288	1.426	12.420	12.420	0.000	279.500	99.527	-139.939	279.500	247.250
1+2+4	0.692	0.363	12.960	12.960	0.000	258.000	75.136	-88.713	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	2.655	1.392	13.500	13.500	0.000	268.750	83.636	-139.518	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.340	1.354	13.500	13.500	0.000	268.750	88.602	-139.377	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.398	0.259	13.500	13.500	0.000	268.750	117.821	-139.163	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.493	-0.915	14.580	2.552	0.000	290.250	136.052	-138.006	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.303	1.433	14.580	14.580	0.000	290.250	99.591	-140.321	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	53.4%	32.9%	OK	OK
1+2+3	24.4%	12.8%	OK	OK	0.0%	OK	38.9%	64.7%	OK	OK
1+2+3+5	21.5%	12.5%	OK	OK	0.0%	OK	35.8%	64.6%	OK	OK
1+2+3+5+6	12.8%	2.3%	OK	OK	0.0%	OK	47.6%	64.5%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	3.8%	7.4%	OK	OK	0.0%	OK	48.7%	55.7%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	18.4%	11.5%	OK	OK	0.0%	OK	35.6%	56.6%	OK	OK
1+2+4	5.3%	2.8%	OK	OK	0.0%	OK	29.1%	34.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	19.7%	10.3%	OK	OK	0.0%	OK	31.1%	51.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	17.3%	10.0%	OK	OK	0.0%	OK	33.0%	51.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	10.4%	1.9%	OK	OK	0.0%	OK	43.8%	51.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	3.4%	6.3%	OK	OK	0.0%	OK	46.9%	47.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	15.8%	9.8%	OK	OK	0.0%	OK	34.3%	48.3%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.285	0.108	0.043	0.043	0.329	0.152	OK	OK
1+2+3	0.151	0.419	0.043	0.043	0.194	0.462	OK	OK
1+2+3+5	0.128	0.418	0.043	0.043	0.172	0.461	OK	OK
1+2+3+5+6	0.227	0.417	0.043	0.043	0.270	0.460	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.237	0.310	0.043	0.043	0.280	0.353	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.127	0.320	0.043	0.043	0.170	0.364	OK	OK
1+2+4	0.085	0.118	0.004	0.004	0.089	0.122	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.097	0.270	0.028	0.028	0.125	0.298	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.109	0.269	0.028	0.028	0.137	0.297	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.192	0.268	0.028	0.028	0.221	0.297	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.220	0.226	0.028	0.028	0.248	0.254	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.118	0.234	0.028	0.028	0.146	0.262	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{72.141}{135.100}\right)^2 + \left(\frac{26.037}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.285 + 0.043 = 0.329 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-139.136}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{26.037}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.419 + 0.043 = 0.462 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 72.1} = 1.73 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

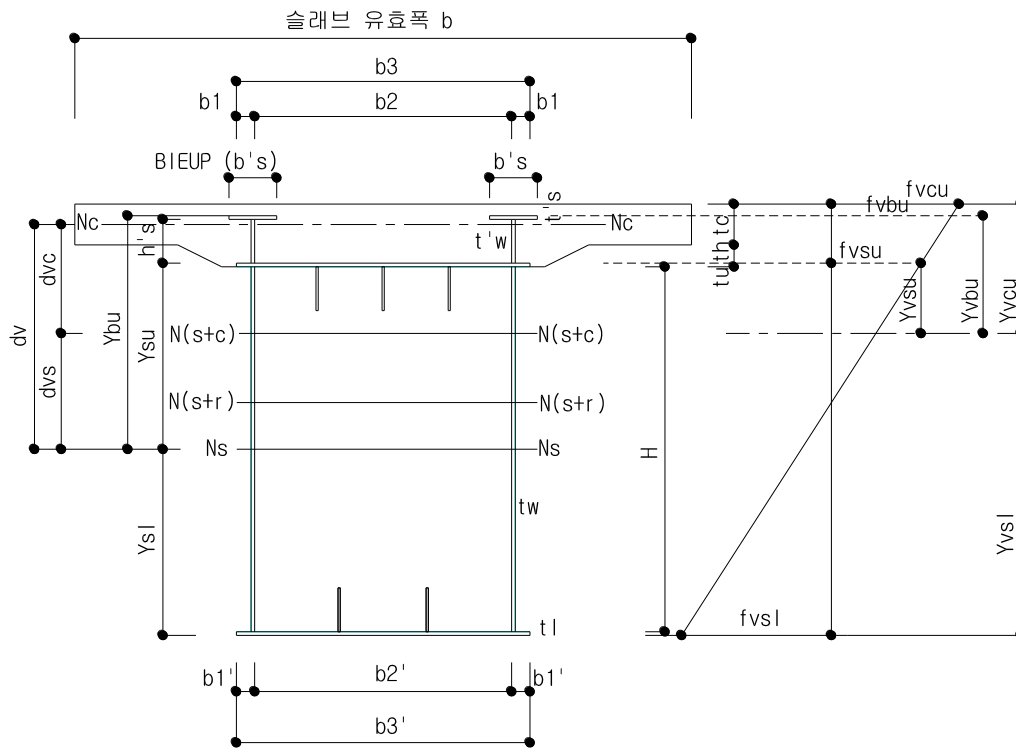
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	93.783	-92.051	355.000	OK	OK
1+2+3	5.114	2.681	16.200	OK	0.000	115.923	-224.386	355.000	OK	OK
1+2+3+7	6.019	3.855	16.200	OK	0.000	134.153	-225.544	355.000	OK	OK
1+2+3+5	4.799	2.642	16.200	OK	0.000	120.889	-224.245	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	3.857	1.548	16.200	OK	0.000	150.108	-224.031	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.952	0.374	16.200	OK	0.000	168.339	-222.873	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	4.762	2.722	16.200	OK	0.000	131.877	-225.189	355.000	OK	OK
1+2+4	0.891	0.467	16.200	OK	0.000	97.639	-115.098	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	5.129	2.688	16.200	OK	0.000	115.987	-224.768	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.224	1.514	16.200	OK	0.000	134.217	-223.610	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	4.813	2.650	16.200	OK	0.000	120.953	-224.627	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	3.871	1.556	16.200	OK	0.000	150.172	-224.413	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.966	0.382	16.200	OK	0.000	168.403	-223.255	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	4.776	2.730	16.200	OK	0.000	131.941	-225.571	355.000	OK	OK

[G1 : SPLICE - 2] : 절점 6 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



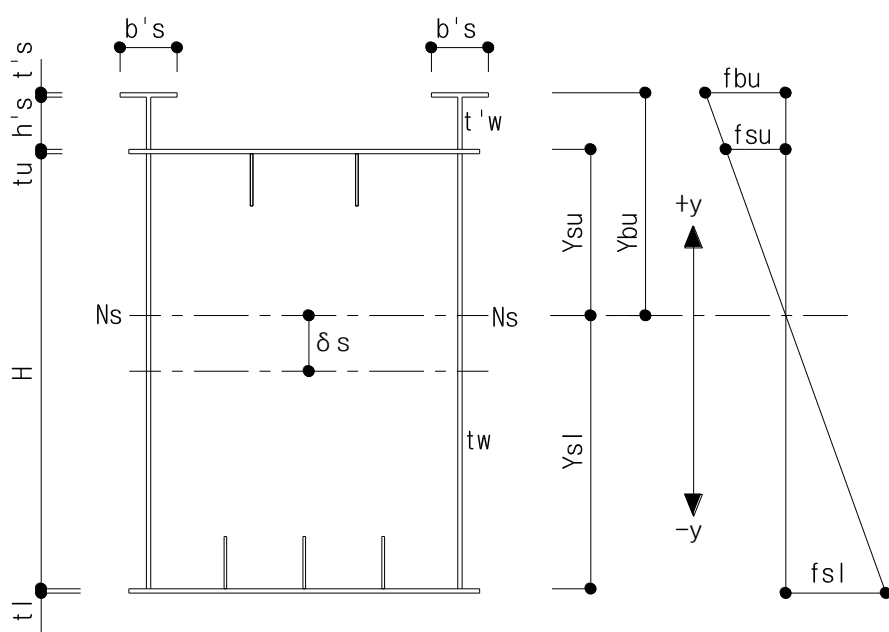
b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리프계수 ϕ_1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	4627.277
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	1449.946
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	65.091
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	7602.422
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	557.191
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	165.885
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	1.500
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	537.072
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	193.508
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	110.429
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	35.737
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	679.664
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

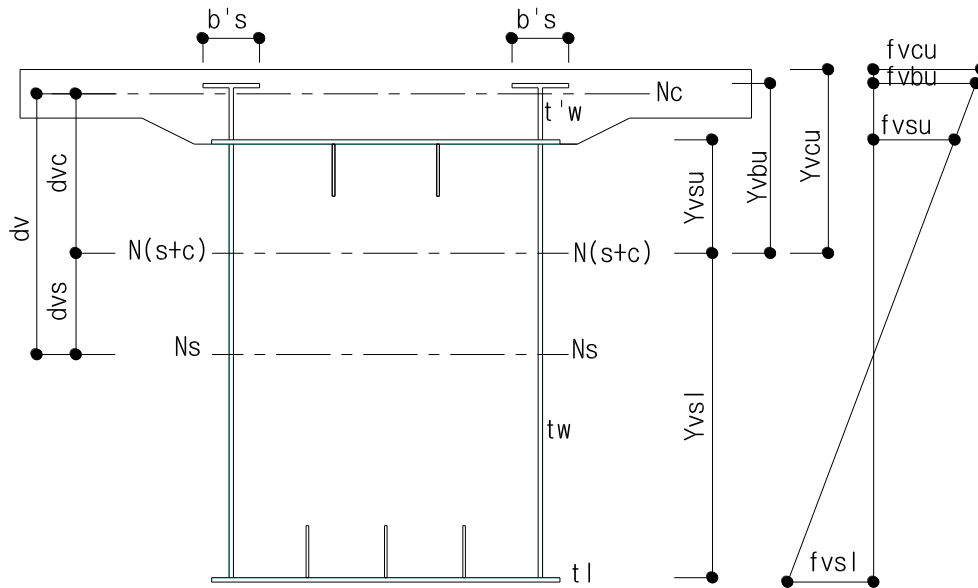
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					120960		-1373280	81889704480	21308696160
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 12.065 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 120960 + 1732438 / 8 = 337514.800 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6187.3 \times 280^3) / 12 = 11318597547 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1251.353 \times 120960 / 337515 = 448.465 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1251.353 - 448.465 = 802.888 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 103,182,809,552 + 11318597547 / 8 + 120960 \times 802.89^2 + (1732438 / 8) \times 448.465^2 = 226,125,695,796 \text{ mm}^4 = 0.226 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \times (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (10 + 280 / 8) / 2 + 12 / 2 \} = 5,375,142 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 588.465 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 308.465 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 318.465 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1903.535 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.472 \text{ Mpa} \quad : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.247 \text{ Mpa} \quad : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 2.042 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -12.206 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 3.998 \text{ Mpa}$$

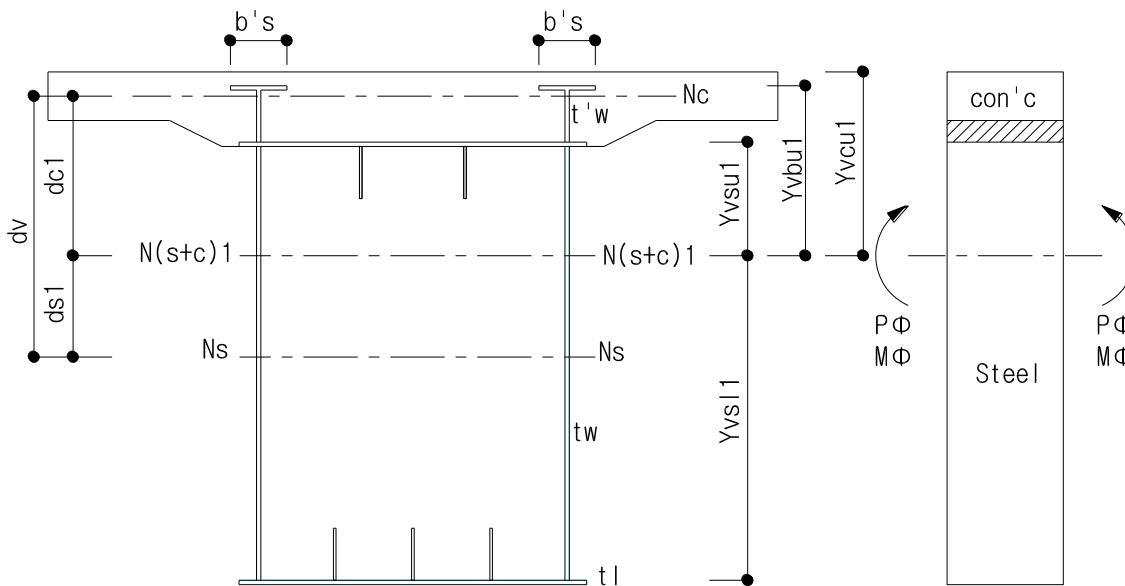
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.473 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.296 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.707 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -63.997 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 15.440 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.021 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.011 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.092 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.548 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.305 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi 1 / 2) : \text{크리프계수}(\Phi 1) \ 2.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 120960 + 1732438 / 16 = 229237.400 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm} \\
 k &= 0.396 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 16 + 120960) = 660.292 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1251.353 - 660.292 = 591.061 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 800.292 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 520.292 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 740.292 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 16.368 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 31.656 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 활용 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	50.288	-49.359	135.100	215.000
1+2+3	2.945	1.544	10.800	10.800	0.000	215.000	63.037	-125.562	215.000	215.000
1+2+3+5	2.685	1.494	10.800	10.800	0.000	247.250	66.200	-124.270	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.514	0.240	10.800	10.800	0.000	247.250	91.533	-114.734	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.352	-1.069	12.420	2.174	0.000	279.500	108.649	-106.915	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.677	1.549	12.420	12.420	0.000	279.500	74.417	-122.552	279.500	247.250
1+2+4	0.493	0.258	12.960	12.960	0.000	258.000	52.421	-62.113	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	2.955	1.549	13.500	13.500	0.000	268.750	63.082	-125.836	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.696	1.499	13.500	13.500	0.000	268.750	66.246	-124.544	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.525	0.245	13.500	13.500	0.000	268.750	91.579	-115.008	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.362	-1.063	14.580	2.552	0.000	290.250	108.695	-107.189	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.687	1.554	14.580	14.580	0.000	290.250	74.462	-122.826	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	37.2%	23.0%	OK	OK
1+2+3	27.3%	14.3%	OK	OK	0.0%	OK	29.3%	58.4%	OK	OK
1+2+3+5	24.9%	13.8%	OK	OK	0.0%	OK	26.8%	57.8%	OK	OK
1+2+3+5+6	14.0%	2.2%	OK	OK	0.0%	OK	37.0%	53.4%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.8%	8.6%	OK	OK	0.0%	OK	38.9%	43.2%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	21.6%	12.5%	OK	OK	0.0%	OK	26.6%	49.6%	OK	OK
1+2+4	3.8%	2.0%	OK	OK	0.0%	OK	20.3%	24.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	21.9%	11.5%	OK	OK	0.0%	OK	23.5%	46.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	20.0%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	24.6%	46.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	11.3%	1.8%	OK	OK	0.0%	OK	34.1%	42.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.5%	7.3%	OK	OK	0.0%	OK	37.4%	36.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	18.4%	10.7%	OK	OK	0.0%	OK	25.7%	42.3%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.139	0.053	0.064	0.064	0.202	0.116	OK	OK
1+2+3	0.086	0.341	0.064	0.064	0.149	0.405	OK	OK
1+2+3+5	0.072	0.334	0.064	0.064	0.135	0.398	OK	OK
1+2+3+5+6	0.137	0.285	0.064	0.064	0.201	0.348	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.151	0.187	0.064	0.064	0.215	0.251	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.071	0.246	0.064	0.064	0.134	0.309	OK	OK
1+2+4	0.041	0.058	0.012	0.012	0.053	0.070	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.055	0.219	0.041	0.041	0.096	0.260	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.061	0.215	0.041	0.041	0.102	0.256	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.116	0.183	0.041	0.041	0.157	0.224	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.140	0.136	0.041	0.041	0.181	0.177	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.066	0.179	0.041	0.041	0.107	0.220	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{108.649}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{31.503}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.151 + 0.064 = 0.215 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-125.562}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{31.503}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.341 + 0.064 = 0.405 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 50.3} = 2.07 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

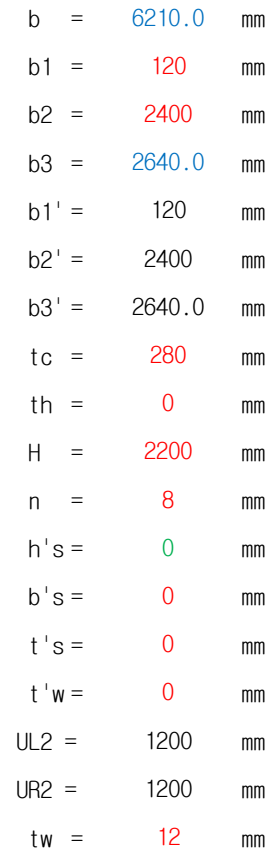
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	65.374	-64.167	355.000	OK	OK
1+2+3	5.930	3.109	16.200	OK	0.000	91.048	-217.629	355.000	OK	OK
1+2+3+7	7.093	4.417	16.200	OK	0.000	108.165	-225.447	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.670	3.058	16.200	OK	0.000	94.212	-216.337	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	4.500	1.805	16.200	OK	0.000	119.545	-206.800	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	3.337	0.496	16.200	OK	0.000	136.661	-198.982	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.662	3.114	16.200	OK	0.000	102.428	-214.618	355.000	OK	OK
1+2+4	0.634	0.333	16.200	OK	0.000	68.120	-80.582	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	5.941	3.114	16.200	OK	0.000	91.094	-217.903	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.778	1.805	16.200	OK	0.000	108.211	-210.084	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.681	3.064	16.200	OK	0.000	94.257	-216.611	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	4.510	1.810	16.200	OK	0.000	119.591	-207.074	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	3.348	0.501	16.200	OK	0.000	136.707	-199.256	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.673	3.119	16.200	OK	0.000	102.474	-214.892	355.000	OK	OK

[G1 : SPLICE - 6] : 절점 14 로 부터 이격거리 1.872 m

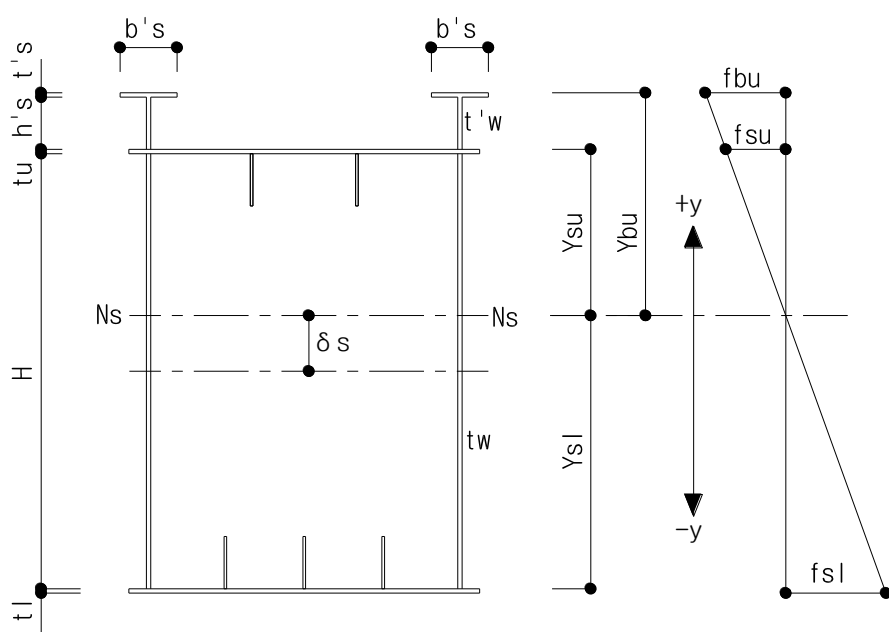
1) 단면가정 및 설계조건



합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

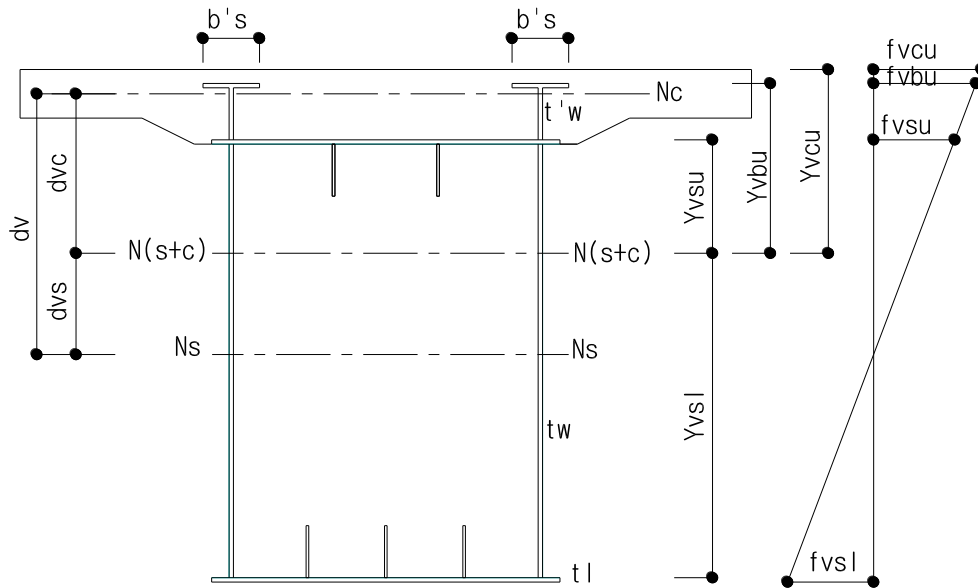
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1025	-10762500	11031562500	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					133860		-3274500	96323315460	21325087820
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{U} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 23.563 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 133860 + 1738794 / 8 = 351209.300 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6210 \times 280^3) / 12 = 11360123413 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 24.462 + 0 + 280 / 2 = 1264.462 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1264.462 \times 133860 / 351209 = 481.937 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1264.462 - 481.937 = 782.525 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 117,568,302,053 + 11360123413 / 8 + 133860 \times 782.52^2 + (1738794 / 8) \times 481.937^2 = 251,439,155,144 \text{ mm}^4 = 0.251 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + (tu + tc/n) / 2 + tl/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (12 + 280 / 8) / 2 + 12 / 2 \} = 5,377,554 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 621.937 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 341.937 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 353.937 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1870.063 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.058 \text{ Mpa} : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.032 \text{ Mpa} : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.264 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -1.394 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 8.311 \text{ Mpa}$$

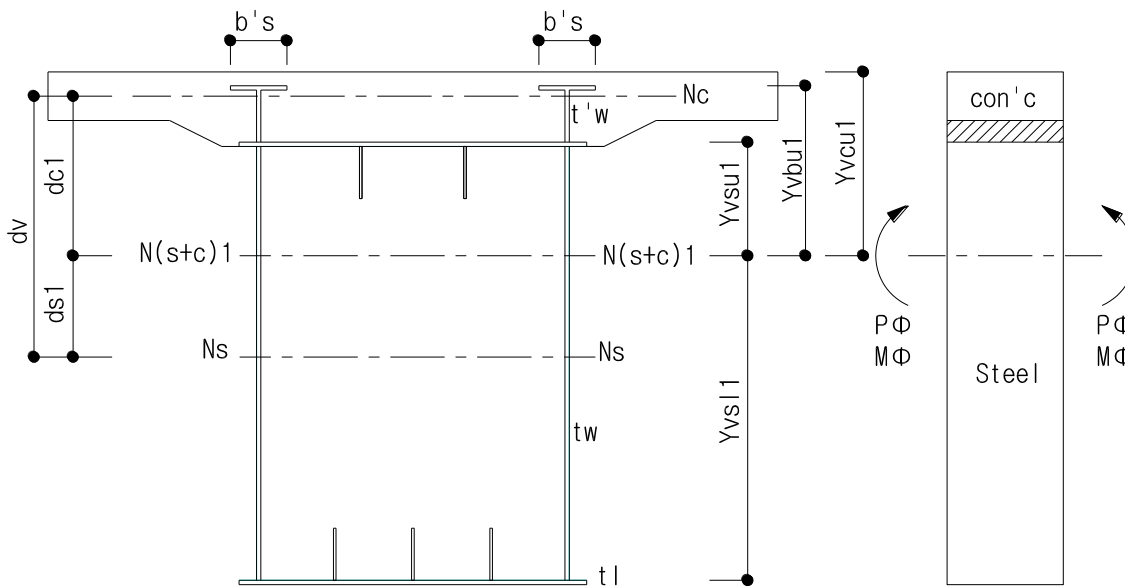
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 1.518 \text{ Mpa} && : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.835 \text{ Mpa} && : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= && = 0.000 \text{ Mpa} && : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 6.913 \text{ Mpa} && : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -36.524 \text{ Mpa} && : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 24.780 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.012 \text{ Mpa} && : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.007 \text{ Mpa} && : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} && : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.056 \text{ Mpa} && : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.293 \text{ Mpa} && : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.230 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

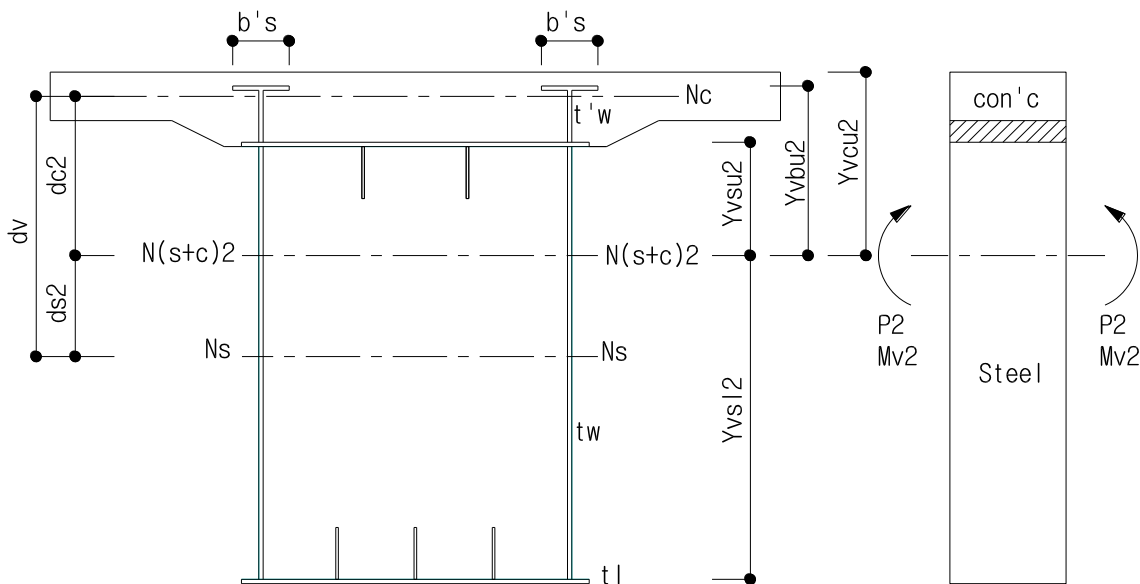
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c \\
 &= 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2 \\
 n_1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \quad 2.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 \\
 &= 133860 + 1738794 / 16 = 242534.650 \text{ mm}^2 \\
 d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 \\
 &= 2200 / 2 - 24.462 + 0 + 280 / 2 = 1264.462 \text{ mm} \\
 k &= -0.191 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 d_{c1} &= d_v \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1264.462 \times 133860 / (1738794 / 16 + 133860) = 697.883 \text{ mm} \\
 d_{s1} &= d_v - d_{c1} \\
 &= 1264.462 - 697.883 = 566.579 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= d_{c1} + t_c / 2 = 837.883 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 557.883 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 777.883 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 569.883 &\text{mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1654.117 &\text{mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d_{s1}^2 + (A_c / n_1) \times d_{c1}^2 \\
&= 117,568,302,053 + 11360123413 / 16 + 133860 \times 566.579^2 + (1738794 / 16) \times 697.883^2 &= 214,177,938,913 &\text{mm}^4 = 0.214 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 78077.9 &\text{N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 78077.9 &\text{N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} &= 54489274.3 &\text{N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.058 &\text{Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vc1} / (n \times I_{vc33}) &= 0.032 &\text{Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vb1} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.040 &\text{Mpa} \quad : \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vc13} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vc11} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.013 &\text{Mpa} \quad : \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{Mpa} \quad : \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 0.294 &\text{Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 0.402 &\text{Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6210 \times 280 &= 1738794.400 &\text{mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi_2) \quad 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 133860 + 1738794 / 24 &= 206309.767 &\text{mm}^2 \\
d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 24.462 + 0 + 280 / 2 &= 1264.462 &\text{mm} \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1264.462 \times 133860 / (1738794 / 24 + 133860) &= 820.421 &\text{mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c1} &= 1264.462 - 820.421 &= 444.041 &\text{mm} \\
Y_{vcu2} &= d_{c2} + t_c / 2 &= 960.421 &\text{mm} \\
Y_{vc12} &= Y_{vcu2} - t_c &= 680.421 &\text{mm}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 33.104 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 57.269 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t3 ≥ ① 이면,

$$fca = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t3 < ① 이면,

$$fca = 24000 \times (t3/b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

ts = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t2)

$$fca = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$fca = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t's ≥ ① 이면,

$$fca = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t's < ① 이면,

$$fca = 215 - 4.7 \times \{b2 / (t's \times i \times n) - 23\}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23\} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t's < ② 이면,

$$fca = 220000 \times \{(t's \times i \times n) / b2\}^2$$

$$= 220000 \times \{(12 \times 1.000 \times 6) / 2400\}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

tu = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$fca = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,
, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

fca =

: 압축(상부)플랜지의 허용응력

=

215.000

MPa

fta =

: 인장(하부)플랜지의 허용응력

=

215.000

MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* fck

27

MPa 사용

fca =

0.4

x

fck

=

10.800

MPa

fta =

0.07

x

fck

,

but fta'

2.5 이하

=

1.890

MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	4.062	-3.887	166.433	215.000
1+2+3	1.576	0.867	10.800	10.800	0.000	215.000	11.238	-41.805	215.000	215.000
1+2+3+5	1.536	0.853	10.800	10.800	0.000	247.250	11.533	-41.402	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.091	-0.735	1.890	1.890	0.000	247.250	28.718	-16.983	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.783	-2.359	2.174	2.174	0.000	279.500	43.249	1.901	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.602	0.889	12.420	12.420	0.000	279.500	14.187	-35.868	279.500	247.250
1+2+4	0.070	0.039	12.960	12.960	0.000	258.000	4.381	-5.574	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	1.582	0.870	13.500	13.500	0.000	268.750	11.266	-41.951	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	1.542	0.857	13.500	13.500	0.000	268.750	11.560	-41.549	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-0.084	-0.732	2.363	2.363	0.000	268.750	28.745	-17.130	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-1.777	-2.356	2.552	2.552	0.000	290.250	43.277	1.755	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.608	0.892	14.580	14.580	0.000	290.250	14.214	-36.015	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /
4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력
*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	2.4%	1.8%	OK	OK
1+2+3	14.6%	8.0%	OK	OK	0.0%	OK	5.2%	19.4%	OK	OK
1+2+3+5	14.2%	7.9%	OK	OK	0.0%	OK	4.7%	19.3%	OK	OK
1+2+3+5+6	4.8%	38.9%	OK	OK	0.0%	OK	11.6%	7.9%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	82.0%	108.5%	OK	NG	0.0%	OK	15.5%	0.8%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	12.9%	7.2%	OK	OK	0.0%	OK	5.1%	14.5%	OK	OK
1+2+4	0.5%	0.3%	OK	OK	0.0%	OK	1.7%	2.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	11.7%	6.4%	OK	OK	0.0%	OK	4.2%	15.6%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	11.4%	6.3%	OK	OK	0.0%	OK	4.3%	15.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	3.6%	31.0%	OK	OK	0.0%	OK	10.7%	6.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	69.6%	92.3%	OK	OK	0.0%	OK	14.9%	0.6%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	11.0%	6.1%	OK	OK	0.0%	OK	4.9%	12.4%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.001	0.000	0.205	0.205	0.206	0.206	OK	OK
1+2+3	0.003	0.038	0.205	0.205	0.208	0.243	OK	OK
1+2+3+5	0.002	0.037	0.205	0.205	0.208	0.242	OK	OK
1+2+3+5+6	0.013	0.006	0.205	0.205	0.219	0.212	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.024	0.000	0.205	0.205	0.229	0.205	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.003	0.021	0.205	0.205	0.208	0.226	OK	OK
1+2+4	0.000	0.000	0.049	0.049	0.049	0.049	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.002	0.024	0.134	0.134	0.136	0.159	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.002	0.024	0.134	0.134	0.136	0.158	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.011	0.004	0.134	0.134	0.146	0.138	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.022	0.000	0.134	0.134	0.157	0.134	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.002	0.015	0.134	0.134	0.137	0.150	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{43.249}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{56.654}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.024 + 0.205 = 0.229 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-41.805}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{56.654}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.038 + 0.205 = 0.243 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 6) = 5.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 4.1} = 7.28 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

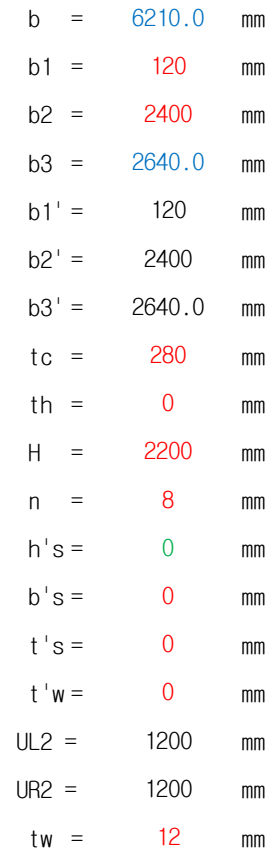
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	5.281	-5.053	355.000	OK	OK
1+2+3	3.340	1.836	16.200	OK	0.000	20.486	-85.391	355.000	OK	OK
1+2+3+7	5.032	3.460	16.200	OK	0.000	35.017	-104.276	355.000	OK	OK
1+2+3+5	3.299	1.823	16.200	OK	0.000	20.780	-84.989	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	1.673	0.234	16.200	OK	0.000	37.965	-60.570	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-0.019	-1.390	16.200	OK	0.000	52.496	-41.685	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	3.365	1.858	16.200	OK	0.000	23.434	-79.455	355.000	OK	OK
1+2+4	0.088	0.048	16.200	OK	0.000	5.679	-7.159	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	3.346	1.840	16.200	OK	0.000	20.513	-85.538	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	1.654	0.216	16.200	OK	0.000	35.045	-66.653	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	3.306	1.826	16.200	OK	0.000	20.808	-85.136	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.679	0.238	16.200	OK	0.000	37.993	-60.716	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.013	-1.386	16.200	OK	0.000	52.524	-41.832	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	3.371	1.861	16.200	OK	0.000	23.462	-79.601	355.000	OK	OK

[G1 : SPLICE - 7] : 절점 16 로 부터 이격거리 3.121 m

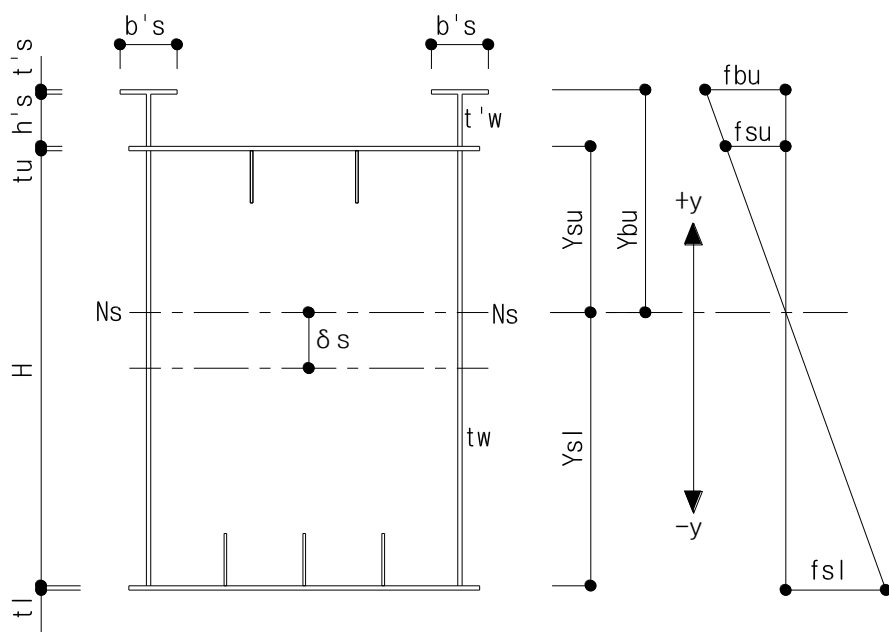
1) 단면가정 및 설계조건



합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 16	42240	-1108	-46801920	51856527360	901120
TOTAL					136800		-7271040	1.01511E+11	21309377280
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = \underline{10.413} \quad \text{Mpa}$$

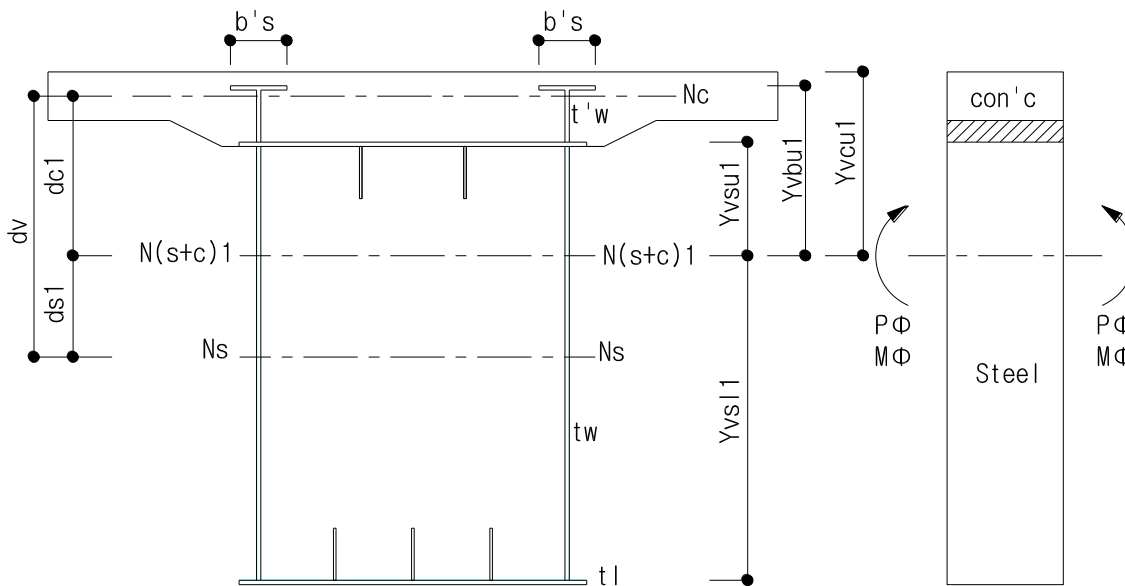
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.331 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.310 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.833 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -54.133 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 17.219 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.024 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.014 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.112 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.559 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.548 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

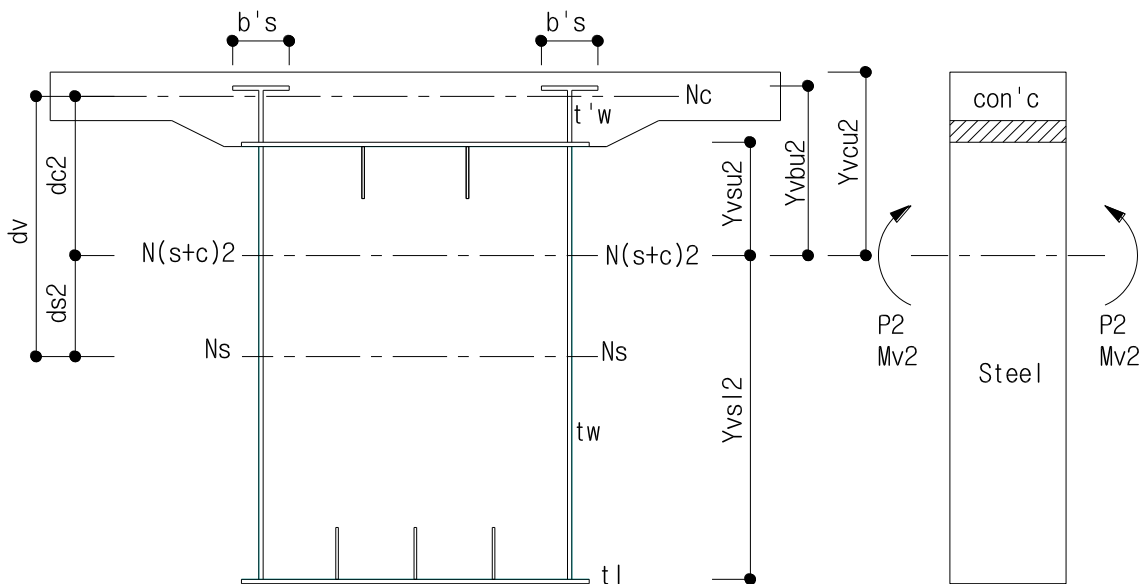
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 136800 + 1738794 / 16 = 245474.650 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2 = 1293.151 \text{ mm} \\
 k &= -0.191 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1293.151 \times 136800 / (1738794 / 16 + 136800) = 720.657 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1293.151 - 720.657 = 572.494 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 860.657 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 580.657 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 800.657 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$Y_{vsu1} =$	$Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u$	$=$	592.657	mm	
$Y_{vs11} =$	$Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l)$	$=$	-1635.343	mm	
$I_{vc33} =$	$I_{33} + I_c / n1 + A_s \times d s1^2 + (A_c / n1) \times d c1^2$				
	$= 122,434,086,966 + 11360123413 / 16 + 136800 \times$				
	$572.494^2 + (1738794 / 16) \times 720.657^2$	$=$	224,419,991.015	mm ⁴	$= 0.224 \text{ m}^4$
$N_c =$	$M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33})$	$=$	1096871.3	N	
$P\Phi =$	$N_c \cdot 2 \cdot \Phi 1 / (2 + \Phi 1)$	$=$	1096871.3	N	
$M\Phi =$	$P\Phi \cdot d c1$	$=$	790468071.7	N-mm	
$E_{c1} =$	$E_c / (1 + \Phi 1 / 2)$	$=$	14346.700	Mpa	
$f_{cu1} =$	$M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.808	Mpa	
$f_{cl1} =$	$M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.454	Mpa	
$f_{bu1} =$	$M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33})$	$=$	0.000	Mpa	
$f_{vcu3} =$	$1/n1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi 1 / E_c$	$=$	-0.565	Mpa	: 상단(콘크리트)
$f_{vcl3} =$	$1/n1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi 1 / E_c$	$=$	-0.199	Mpa	: 하단(콘크리트)
$f_{vbu3} =$		$=$	0.000	Mpa	: biuep F.L
$f_{vsu3} =$	$P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33}$	$=$	4.070	Mpa	: 상연(강재)
$f_{vs13} =$	$P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vs11} / I_{vc33}$	$=$	5.569	Mpa	: 하연(강재)

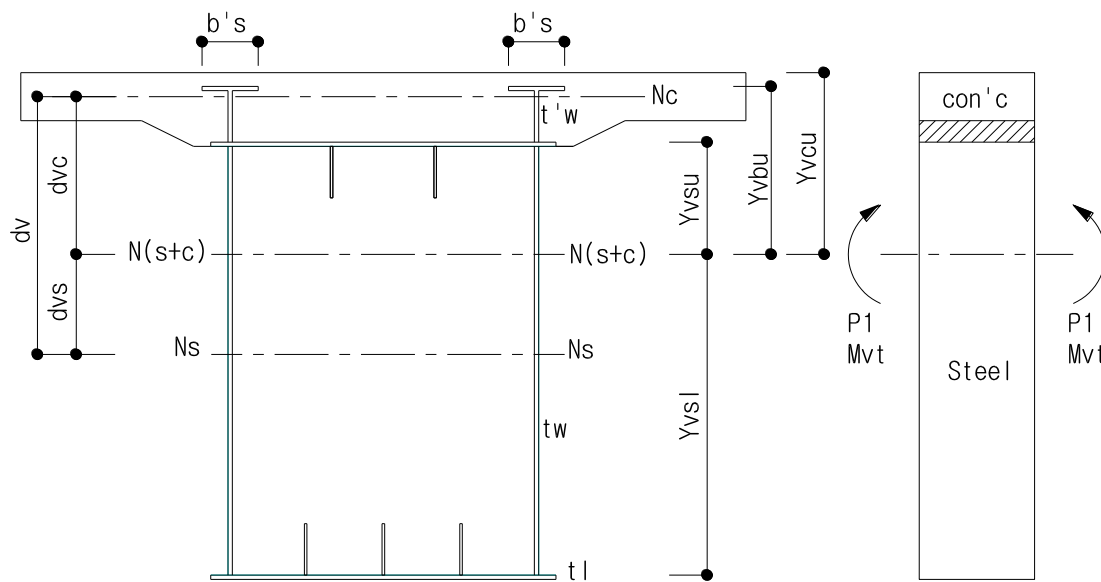
(6) 건조수축



Ac =	b x tc		
=	6210 x 280	=	1738794.400 mm ²
n2 =	n x (1 + Φ2 / 2)	: 크리프계수(Φ2) 4.0	---- 도.설 3.9.2.8
=	8 x (1 + 4.0 / 2)	=	24
Av2 =	As + Ac / n2		
=	136800 + 1738794 / 24	=	209249.767 mm ²
dv =	H/2 - δs + th + tc/2		
=	2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2	=	1293.151 mm
dc2 =	dv x As / (Ac / n2 + As)	: 바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.	
=	1293.151 x 136800 / (1738794 / 24 + 136800)	=	845.416 mm
ds2 =	dv - dc1		
=	1293.151 - 845.416	=	447.735 mm
Yvcu2 =	dc2 + tc / 2	=	985.416 mm
Yvc12 =	Yvcu2 - tc	=	705.416 mm

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vcl2} - t_h + 220 &= 925.416 &\text{mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 717.416 &\text{mm} \\
Y_{vsl2} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1510.584 &\text{mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 122,434,086,966 + 11360123413 / 24 + 136800 \times 447.735^2 + (1738794 / 24) \times 845.416^2 &= 202,113,137,678 &\text{mm}^4 = 0.202 &\text{m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 4010094.6 &\text{N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3390196959.7 &\text{N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2} / I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.639 &\text{Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vcl4} &= 1/n^2 \times (P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vcl2} / I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.602 &\text{Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 16.866 &\text{Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl4} &= P_2 / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{vsl2} / I_{vd33} &= 24.004 &\text{Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 & \text{---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5346793 &\text{N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2670805497 &\text{N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.710 &\text{Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vcl5} &= 1/n \times (P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vcl} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.643 &\text{Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 14.380 &\text{Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl5} &= P_1 / A_v + k \times M_{vt} \times Y_{vsl} / I_{v33} &= 18.682 &\text{Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 30.993 &\text{Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{O.K.!!}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 14.322 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 31.267 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t3 ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t3 < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t2)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t's ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t's < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t's \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t's < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t's \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

t_u = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 활용 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	82.560	-75.312	166.433	215.000
1+2+3	3.139	1.764	10.800	10.800	0.000	215.000	97.147	-148.201	215.000	215.000
1+2+3+5	2.574	1.565	10.800	10.800	0.000	247.250	101.217	-142.632	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.935	-0.037	10.800	1.890	0.000	247.250	118.082	-118.628	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.776	-1.679	2.174	2.174	0.000	279.500	132.462	-99.947	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.645	1.606	12.420	12.420	0.000	279.500	103.702	-137.310	279.500	247.250
1+2+4	0.832	0.468	12.960	12.960	0.000	258.000	86.426	-94.627	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	3.151	1.771	13.500	13.500	0.000	268.750	97.203	-148.481	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.586	1.572	13.500	13.500	0.000	268.750	101.273	-142.912	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.947	-0.030	13.500	2.363	0.000	268.750	118.138	-118.908	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.764	-1.673	2.552	2.552	0.000	290.250	132.518	-100.226	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.657	1.613	14.580	14.580	0.000	290.250	103.758	-137.590	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	49.6%	35.0%	OK	OK
1+2+3	29.1%	16.3%	OK	OK	0.0%	OK	45.2%	68.9%	OK	OK
1+2+3+5	23.8%	14.5%	OK	OK	0.0%	OK	40.9%	66.3%	OK	OK
1+2+3+5+6	8.7%	0.3%	OK	OK	0.0%	OK	47.8%	55.2%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	35.7%	77.3%	OK	OK	0.0%	OK	47.4%	40.4%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	21.3%	12.9%	OK	OK	0.0%	OK	37.1%	55.5%	OK	OK
1+2+4	6.4%	3.6%	OK	OK	0.0%	OK	33.5%	36.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	23.3%	13.1%	OK	OK	0.0%	OK	36.2%	55.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	19.2%	11.6%	OK	OK	0.0%	OK	37.7%	53.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	7.0%	0.2%	OK	OK	0.0%	OK	44.0%	44.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	29.9%	65.6%	OK	OK	0.0%	OK	45.7%	34.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	18.2%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	35.7%	47.4%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.246	0.123	0.061	0.061	0.308	0.184	OK	OK
1+2+3	0.204	0.475	0.061	0.061	0.266	0.537	OK	OK
1+2+3+5	0.168	0.440	0.061	0.061	0.229	0.502	OK	OK
1+2+3+5+6	0.228	0.304	0.061	0.061	0.290	0.366	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.225	0.163	0.061	0.061	0.286	0.225	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.138	0.308	0.061	0.061	0.199	0.370	OK	OK
1+2+4	0.112	0.135	0.009	0.009	0.121	0.144	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.131	0.305	0.040	0.040	0.171	0.345	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.142	0.283	0.040	0.040	0.182	0.323	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.193	0.196	0.040	0.040	0.233	0.236	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.208	0.119	0.040	0.040	0.248	0.159	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.128	0.225	0.040	0.040	0.168	0.265	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{82.560}{166.433}\right)^2 + \left(\frac{30.993}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.246 + 0.061 = 0.308 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-148.201}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{30.993}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.475 + 0.061 = 0.537 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 82.6} = 1.61 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

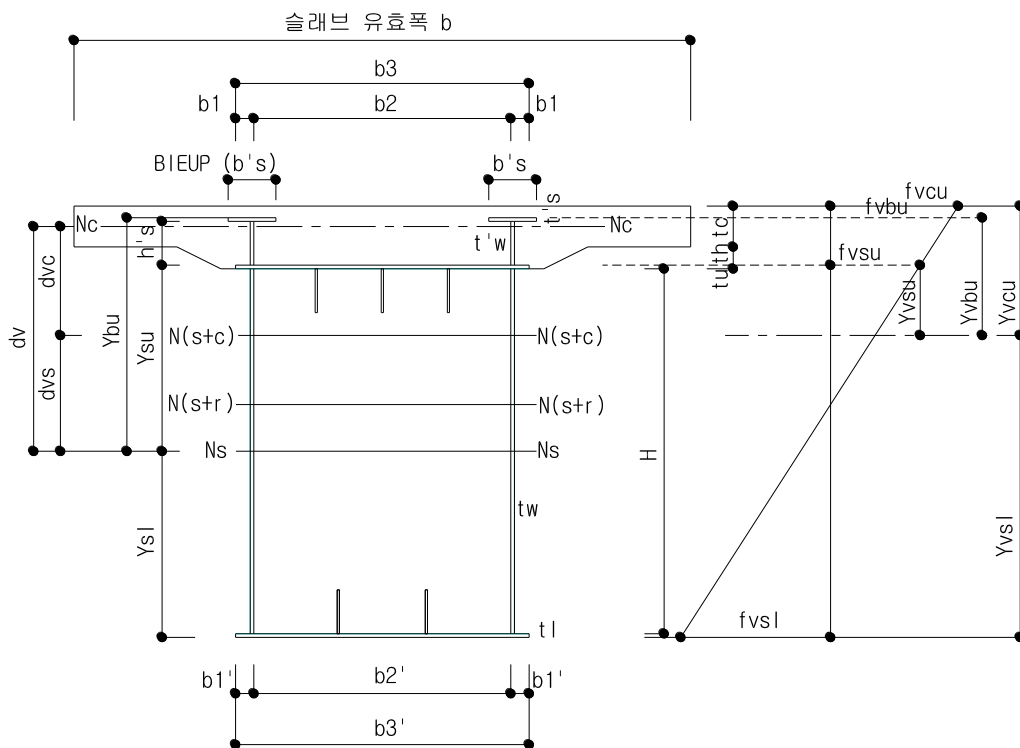
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	107.329	-97.905	355.000	OK	OK
1+2+3	6.061	3.408	16.200	OK	0.000	135.499	-238.675	355.000	OK	OK
1+2+3+7	7.772	5.050	16.200	OK	0.000	149.879	-257.356	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.497	3.208	16.200	OK	0.000	139.569	-233.106	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	3.858	1.606	16.200	OK	0.000	156.434	-209.102	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.147	-0.036	16.200	OK	0.000	170.815	-190.420	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.568	3.249	16.200	OK	0.000	142.054	-227.784	355.000	OK	OK
1+2+4	1.074	0.604	16.200	OK	0.000	112.320	-122.847	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	6.074	3.414	16.200	OK	0.000	135.555	-238.954	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.363	1.772	16.200	OK	0.000	149.935	-220.273	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.509	3.215	16.200	OK	0.000	139.625	-233.386	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	3.870	1.613	16.200	OK	0.000	156.490	-209.382	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.159	-0.030	16.200	OK	0.000	170.871	-190.700	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.580	3.256	16.200	OK	0.000	142.110	-228.063	355.000	OK	OK

[G1 : SPLICE - 8] : 절점 19 로 부터 이격거리 1.872 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6210.0	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수 $\phi 1$ 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	8676.892
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	2669.906
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	77.958
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	7707.585
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	413.815
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	122.951
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	1.319
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	550.100
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	330.343
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	133.488
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	66.908
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	877.775
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

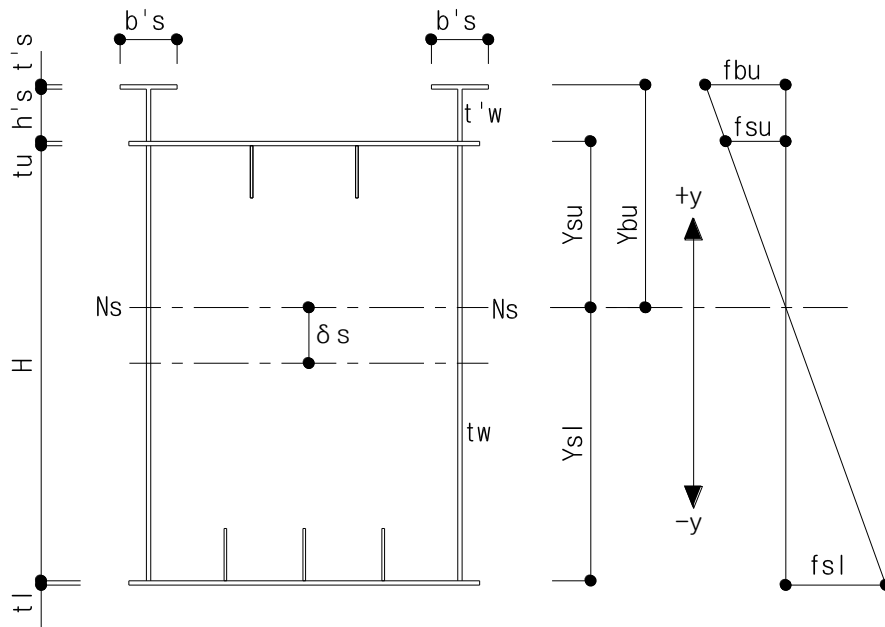
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 16	42240	-1108	-46801920	51856527360	901120
TOTAL					136800		-7271040	1.01511E+11	21309377280
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$I_{s'} = \sum A s Y^2 + \sum I$$

$$= 101511171840 + 21309377280 = 122820549120 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum A s Y}{\sum A s}$$

$$= \frac{-7271040}{136800} = -53.151 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum A s \times i^2$$

$$= 122820549120 - 136800 \times (-53.151)^2 = 122,434,086,966 \text{ mm}^4 = 0.122 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2200 / 2 + 12 - (-53.151) = 1165.151 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1165.151 - 2228 = -1062.849 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,340,168 \text{ mm}^2$$

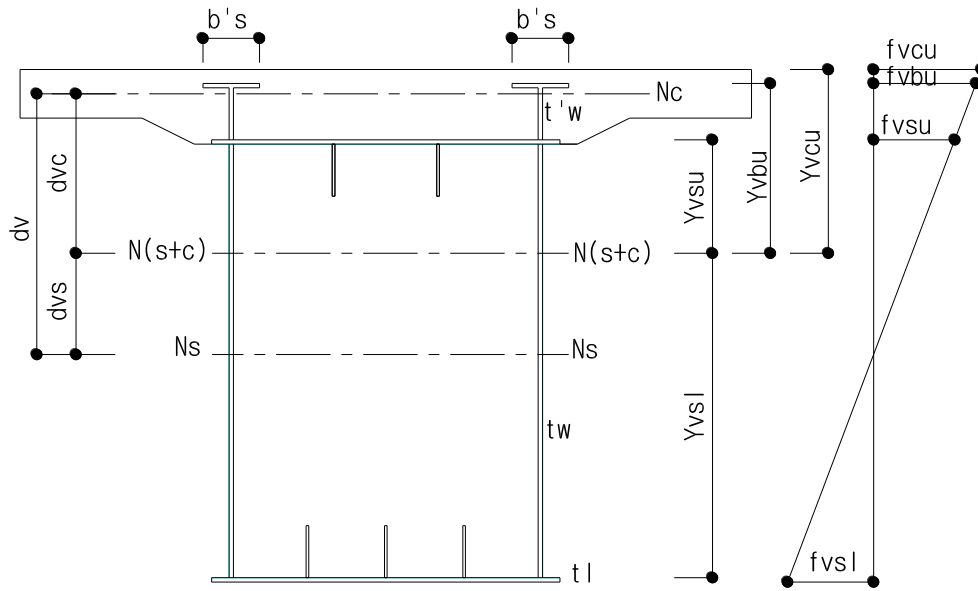
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_{33} = 82.574 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_{33} = -75.324 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 10.415 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_c = b \times t_c = 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2$$

$$A_v = A_s + A_c / n = 136800 + 1738794 / 8 = 354149.300 \text{ mm}^2$$

$$I_c = (b \times t_c^3) / 12 = (6210 \times 280^3) / 12 = 11360123413 \text{ mm}^4$$

$$d_v = H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2 = 1293.151 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \times A_s / A_v = 1293.151 \times 136800 / 354149 = 499.515 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = d_v - d_{vc} = 1293.151 - 499.515 = 793.635 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_c / n + A_s \times d_{vs}^2 + (A_c / n) \times d_{vc}^2 = 122,434,086,966 + 11360123413 / 8 + 136800 \times 793.64^2 + (1738794 / 8) \times 499.515^2 = 264,250,625,590 \text{ mm}^4 = 0.264 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \times (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = \{ (1200 + 1200 + 2400) / 2 + 12 \} \times \{ 2200 + (12 + 280 / 8) / 2 + 16 / 2 \} = 5,382,378 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vcu} = d_{vc} + t_c / 2 = 639.515 \text{ mm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - t_c = 359.515 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vcu} - t_c - t_h + t_u = 371.515 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1856.485 \text{ mm}$$

$$f_{vcu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.808 \text{ Mpa} : \text{상단(콘크리트)}$$

$$f_{vcl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.454 \text{ Mpa} : \text{하단(콘크리트)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 3.754 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -18.757 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 3.362 \text{ Mpa}$$

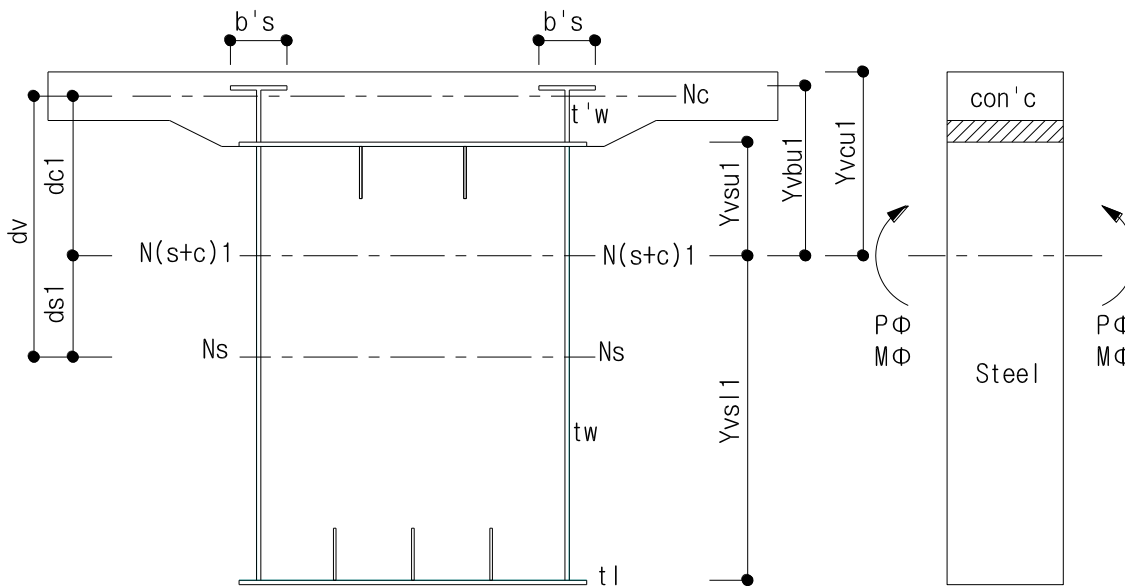
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.332 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.311 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.836 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -54.149 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 17.214 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.024 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.013 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.110 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.548 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.543 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

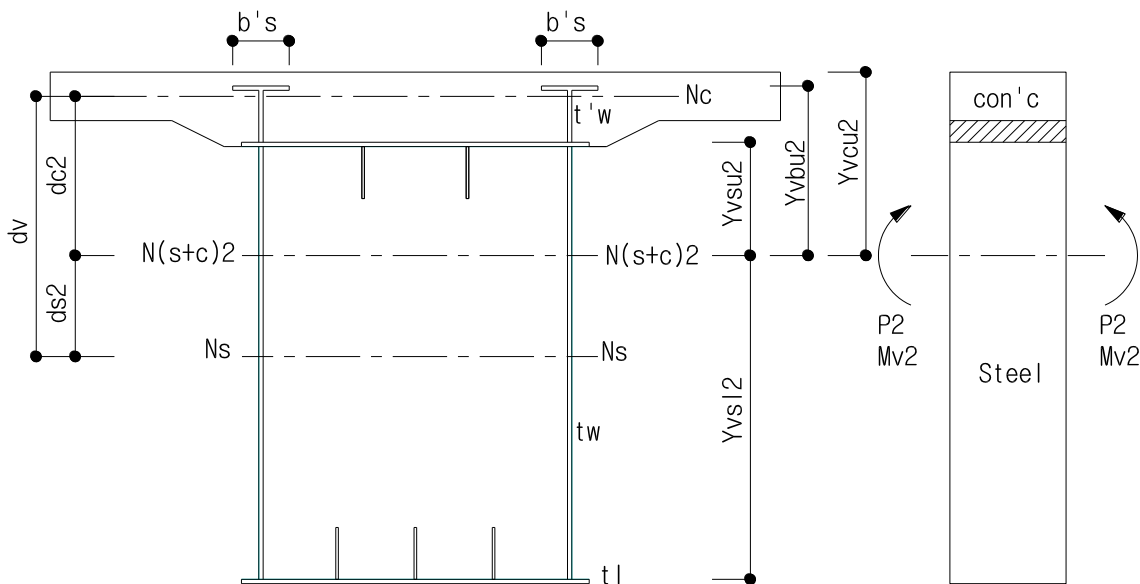
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c \\
 &= 6210 \times 280 = 1738794.400 \text{ mm}^2 \\
 n_1 &= n \times (1 + \Phi_1 / 2) : \text{크리프계수}(\Phi_1) \text{ 2.0} \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n_1 \\
 &= 136800 + 1738794 / 16 = 245474.650 \text{ mm}^2 \\
 d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 \\
 &= 2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2 = 1293.151 \text{ mm} \\
 k &= -0.191 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= d_v \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1293.151 \times 136800 / (1738794 / 16 + 136800) = 720.657 \text{ mm} \\
 ds1 &= d_v - dc1 \\
 &= 1293.151 - 720.657 = 572.494 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 860.657 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 580.657 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 800.657 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 592.657 &\text{mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1635.343 &\text{mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times ds_1^2 + (A_c / n_1) \times dc_1^2 \\
&= 122,434,086,966 + 11360123413 / 16 + 136800 \times 572.494^2 + (1738794 / 16) \times 720.657^2 &= 224,419,991,015 &\text{mm}^4 = 0.224 &\text{m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 1096950.7 &\text{N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 1096950.7 &\text{N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot dc_1 &= 790525293.3 &\text{N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.808 &\text{Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33}) &= 0.454 &\text{Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.565 &\text{Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.199 &\text{Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{Mpa} &: \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 4.070 &\text{Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 5.569 &\text{Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

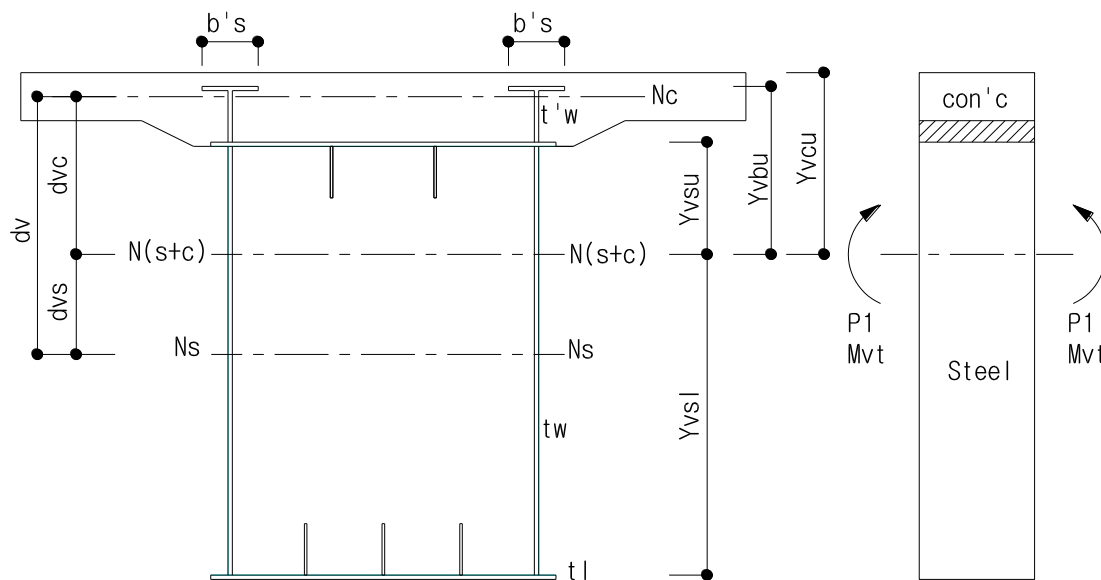
(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6210 \times 280 &= 1738794.400 &\text{mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) &: \text{크리프계수}(\Phi_2) 4.0 &---- \text{도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 136800 + 1738794 / 24 &= 209249.767 &\text{mm}^2 \\
dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 53.151 + 0 + 280 / 2 &= 1293.151 &\text{mm} \\
dc_2 &= dv \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) &: \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1293.151 \times 136800 / (1738794 / 24 + 136800) &= 845.416 &\text{mm} \\
ds_2 &= dv - dc_1 &= 1293.151 - 845.416 &= 447.735 &\text{mm} \\
Y_{vcu2} &= dc_2 + t_c / 2 &= 985.416 &\text{mm} \\
Y_{vcl2} &= Y_{vcu2} - t_c &= 705.416 &\text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vcl2} - t_h + 220 &= 925.416 &\text{ mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 717.416 &\text{ mm} \\
Y_{vsl2} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1510.584 &\text{ mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 122,434,086,966 + 11360123413 / 24 + 136800 \times 447.735^2 + (1738794 / 24) \times 845.416^2 &= 202,113,137,678 &\text{ mm}^4 = 0.202 &\text{ m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 4010094.6 &\text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3390196959.7 &\text{ N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.639 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl4} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcl2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.602 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 16.866 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsl2} / I_{vd33} &= 24.004 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 &\text{ --- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5346793 &\text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2670805497 &\text{ N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.710 &\text{ Mpa} &: \text{상단 (콘크리트)} \\
f_{vcl5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcl} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.643 &\text{ Mpa} &: \text{하단 (콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 14.380 &\text{ Mpa} &: \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsl} / I_{v33} &= 18.682 &\text{ Mpa} &: \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + \{ M_{st}/(2 \cdot F_v \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 30.991 &\text{ Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{ Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{ O.K. !}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 14.320 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 31.262 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t3 ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t3 < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t2)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t's ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t's < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t's \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t's < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t's \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

t_u = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,
, ㅠ형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

fca =

: 압축(상부)플랜지의 허용응력

=

215.000

MPa

fta =

: 인장(하부)플랜지의 허용응력

=

215.000

MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* fck

27

MPa 사용

fca =

0.4

x

fck

=

10.800

MPa

fta =

0.07

x

fck

,

but fta'

2.5 이하

=

1.890

MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	82.574	-75.324	166.433	215.000
1+2+3	3.139	1.765	10.800	10.800	0.000	215.000	97.164	-148.231	215.000	215.000
1+2+3+5	2.575	1.566	10.800	10.800	0.000	247.250	101.234	-142.662	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.935	-0.036	10.800	1.890	0.000	247.250	118.100	-118.658	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.775	-1.679	2.174	2.174	0.000	279.500	132.480	-99.976	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.646	1.607	12.420	12.420	0.000	279.500	103.719	-137.339	279.500	247.250
1+2+4	0.831	0.467	12.960	12.960	0.000	258.000	86.437	-94.629	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	3.151	1.771	13.500	13.500	0.000	268.750	97.219	-148.505	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.587	1.572	13.500	13.500	0.000	268.750	101.289	-142.936	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.947	-0.030	13.500	2.363	0.000	268.750	118.154	-118.931	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.763	-1.672	2.552	2.552	0.000	290.250	132.535	-100.250	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.658	1.613	14.580	14.580	0.000	290.250	103.774	-137.613	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /
4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	49.6%	35.0%	OK	OK
1+2+3	29.1%	16.3%	OK	OK	0.0%	OK	45.2%	68.9%	OK	OK
1+2+3+5	23.8%	14.5%	OK	OK	0.0%	OK	40.9%	66.4%	OK	OK
1+2+3+5+6	8.7%	0.3%	OK	OK	0.0%	OK	47.8%	55.2%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	35.7%	77.3%	OK	OK	0.0%	OK	47.4%	40.4%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	21.3%	12.9%	OK	OK	0.0%	OK	37.1%	55.5%	OK	OK
1+2+4	6.4%	3.6%	OK	OK	0.0%	OK	33.5%	36.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	23.3%	13.1%	OK	OK	0.0%	OK	36.2%	55.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	19.2%	11.6%	OK	OK	0.0%	OK	37.7%	53.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	7.0%	0.2%	OK	OK	0.0%	OK	44.0%	44.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	29.9%	65.5%	OK	OK	0.0%	OK	45.7%	34.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	18.2%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	35.8%	47.4%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.246	0.123	0.061	0.061	0.308	0.184	OK	OK
1+2+3	0.204	0.475	0.061	0.061	0.266	0.537	OK	OK
1+2+3+5	0.168	0.440	0.061	0.061	0.229	0.502	OK	OK
1+2+3+5+6	0.228	0.305	0.061	0.061	0.290	0.366	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.225	0.164	0.061	0.061	0.286	0.225	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.138	0.309	0.061	0.061	0.199	0.370	OK	OK
1+2+4	0.112	0.135	0.009	0.009	0.121	0.144	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.131	0.305	0.040	0.040	0.171	0.345	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.142	0.283	0.040	0.040	0.182	0.323	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.193	0.196	0.040	0.040	0.233	0.236	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.209	0.119	0.040	0.040	0.249	0.159	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.128	0.225	0.040	0.040	0.168	0.265	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{82.574}{166.433}\right)^2 + \left(\frac{30.991}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.246 + 0.061 = 0.308 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-148.231}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{30.991}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.475 + 0.061 = 0.537 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 82.6} = 1.61 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

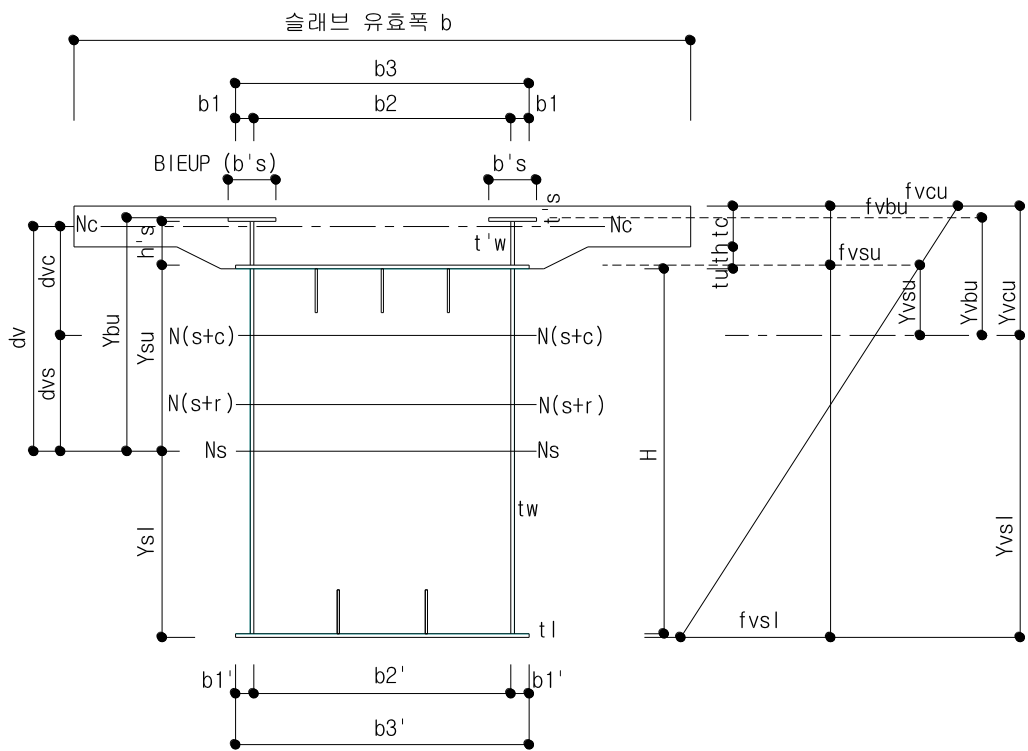
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	107.346	-97.921	355.000	OK	OK
1+2+3	6.063	3.408	16.200	OK	0.000	135.524	-238.727	355.000	OK	OK
1+2+3+7	7.773	5.051	16.200	OK	0.000	149.904	-257.409	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.498	3.209	16.200	OK	0.000	139.594	-233.158	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	3.859	1.607	16.200	OK	0.000	156.460	-209.154	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.149	-0.035	16.200	OK	0.000	170.840	-190.472	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.569	3.250	16.200	OK	0.000	142.079	-227.836	355.000	OK	OK
1+2+4	1.074	0.604	16.200	OK	0.000	112.336	-122.853	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	6.075	3.415	16.200	OK	0.000	135.579	-239.001	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.364	1.772	16.200	OK	0.000	149.959	-220.319	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.510	3.216	16.200	OK	0.000	139.649	-233.432	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	3.871	1.614	16.200	OK	0.000	156.514	-209.428	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.161	-0.029	16.200	OK	0.000	170.895	-190.746	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.581	3.257	16.200	OK	0.000	142.134	-228.109	355.000	OK	OK

4.7 단 면 겹 토(정모멘트)

[G1 : SPLICE - 9] : 절점 21 로 부터 이격거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6210.0	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	422.857
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	187.599
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	36.910
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	4914.795
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1051.107
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	316.560
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	8.992
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	788.997
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	469.293
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	299.043
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	136.125
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	1269.913
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

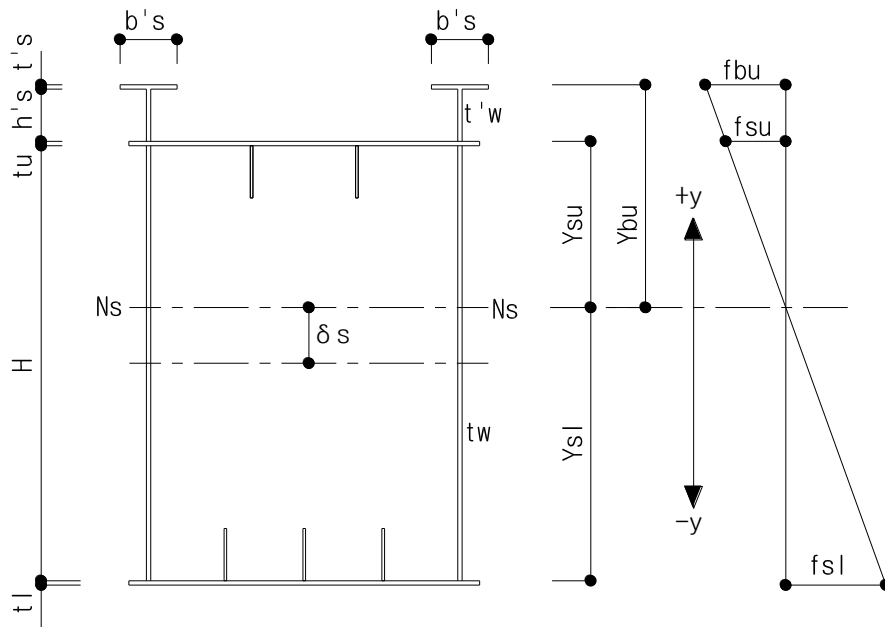
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 12	31680	1106	35038080	38752116480	380160
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1025	-10762500	11031562500	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					133860		-3274500	96323315460	21325087820
바닥판	1	;	6210	X 280	1738794.40	1240	2.156E+09	2.67357E+12	11360123413

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 96323315460 + 21325087820 = 117648403280 \text{ mm}^4$$

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

$$= -3274500 / 133860 = -24.462 \text{ mm}$$

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

$$= 117648403280 - 133860 \times (-24.462)^2 = 117,568,302,053 \text{ mm}^4 = 0.118 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2200 / 2 + 12 - (-24.462) = 1136.462 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1136.462 - 2224 = -1087.538 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,335,344 \text{ mm}^2$$

$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_{33} = 4.088 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_{33} = -3.912 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 23.572 \text{ Mpa}$$

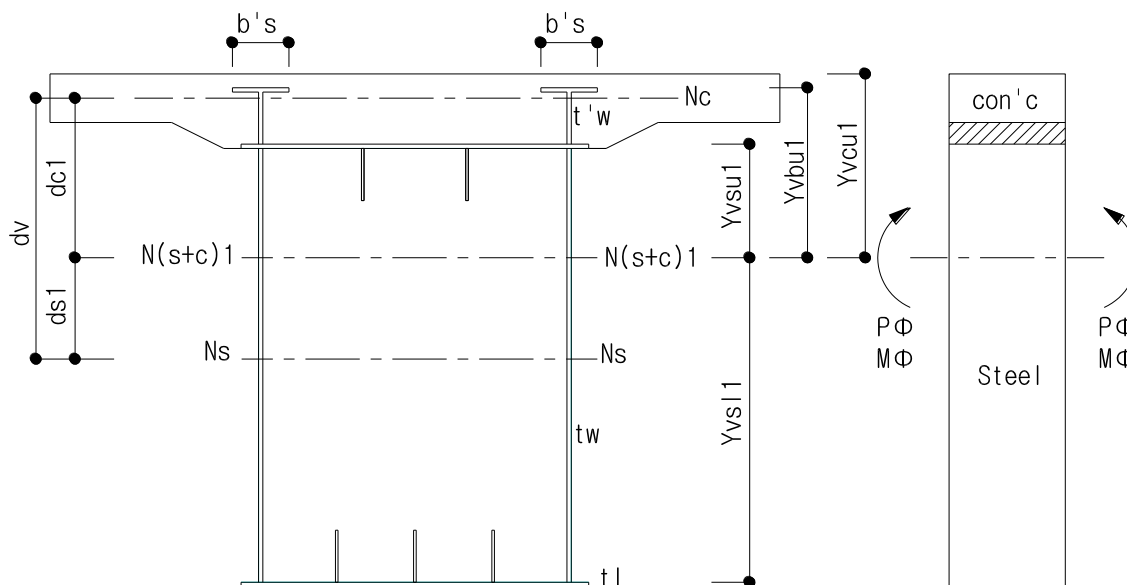
(3) 활하중 응력산정

$f_{vcu1} =$	$M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) =$	$\underline{1.520}$	Mpa	: 상단 (콘크리트)
$f_{vcl1} =$	$M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) =$	$\underline{0.835}$	Mpa	: 하단 (콘크리트)
$f_{vbu1} =$	$=$	$\underline{0.000}$	Mpa	: bluep F.L
$f_{vsu1} =$	$M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} =$	$\underline{6.918}$	Mpa	: 상연 (강재)
$f_{vsl1} =$	$M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} =$	$\underline{-36.553}$	Mpa	: 하연 (강재)
$\underline{u} =$	$S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) =$	$\underline{24.783}$	Mpa	

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$f_{vcu2} =$	$Mw \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) =$	<u>0.011</u>	Mpa	: 상단 (콘크리트)
$f_{vcl2} =$	$Mw \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) =$	<u>0.006</u>	Mpa	: 하단 (콘크리트)
$f_{vbu2} =$	$Mw \cdot Y_{vbu} / I_{v33} =$	<u>0.000</u>	Mpa	: biuep F.L
$f_{vsu2} =$	$Mw \cdot Y_{vsu} / I_{v33} =$	<u>0.052</u>	Mpa	: 상연 (강재)
$f_{vsl2} =$	$Mw \cdot Y_{vsl} / I_{v33} =$	<u>-0.275</u>	Mpa	: 하연 (강재)
$\sigma =$	$S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) =$	<u>1.225</u>	Mpa	

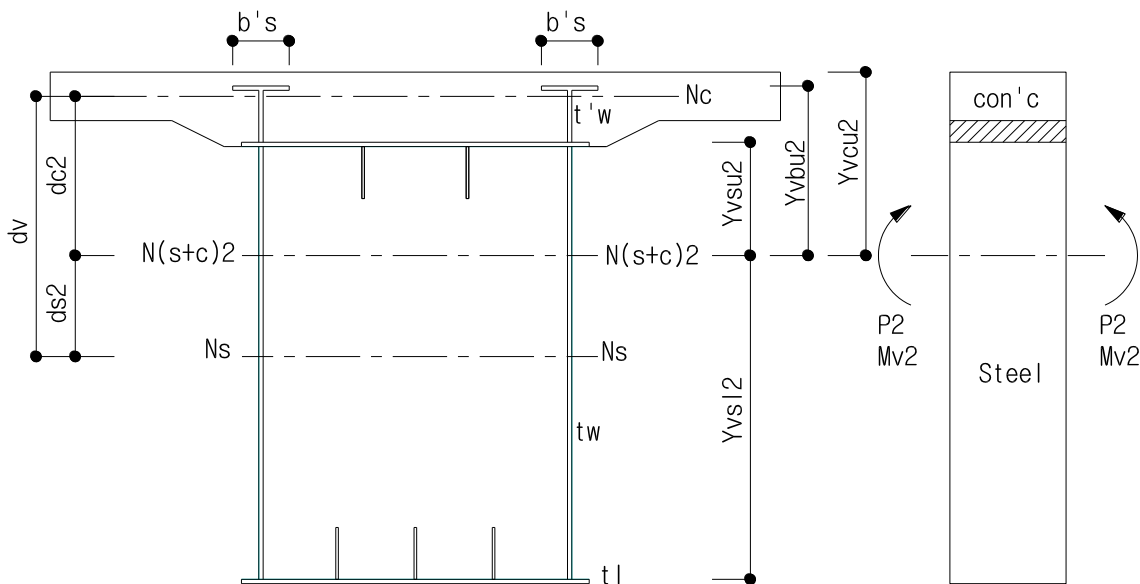
(5) 크리프



Ac =	b x tc			
=	6210 x 280		=	1738794.400 mm ²
n1 =	n x (1 + Φ1 / 2)	: 크리프계수(Φ1) 2.0	---- 도.설 3.9.2.6	
=	8 x (1 + 2.0 / 2)		=	16
Av1 =	As + Ac / n1			
=	133860 + 1738794 / 16		=	242534.650 mm ²
dv =	H/2 - δs + th + tc/2			
=	2200 / 2 - -24.462 + 0 + 280 / 2		=	1264.462 mm
k =	-0.191	: 2차 부정정력 계수		
dc1 =	dv x As / (Ac / n1 + As)	: 바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.		
=	1264.462 x 133860 / (1738794 / 16 + 133860)		=	697.883 mm
ds1 =	dv - dc1			
=	1264.462 - 697.883		=	566.579 mm
vcu1 =	dc1 + tc / 2		=	837.883 mm
vc11 =	Yvcu1 - tc		=	557.883 mm
ybu1 =	Yvc11 - th + 220		=	777.883 mm

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 569.883 &\text{ mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1654.117 &\text{ mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d_{s1}^2 + (A_c / n_1) \times d_{c1}^2 \\
&= 117,568,302,053 + 11360123413 / 16 + 133860 \times 566.579^2 + (1738794 / 16) \times 697.883^2 &= 214,177,938,913 &\text{ mm}^4 = 0.214 &\text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 78153.0 &\text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 78153.0 &\text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} &= 54541663.9 &\text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{ Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.058 &\text{ Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vc1} / (n \times I_{vc33}) &= 0.032 &\text{ Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.040 &\text{ Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vc13} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vc11} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.013 &\text{ Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 0.295 &\text{ Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 0.403 &\text{ Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

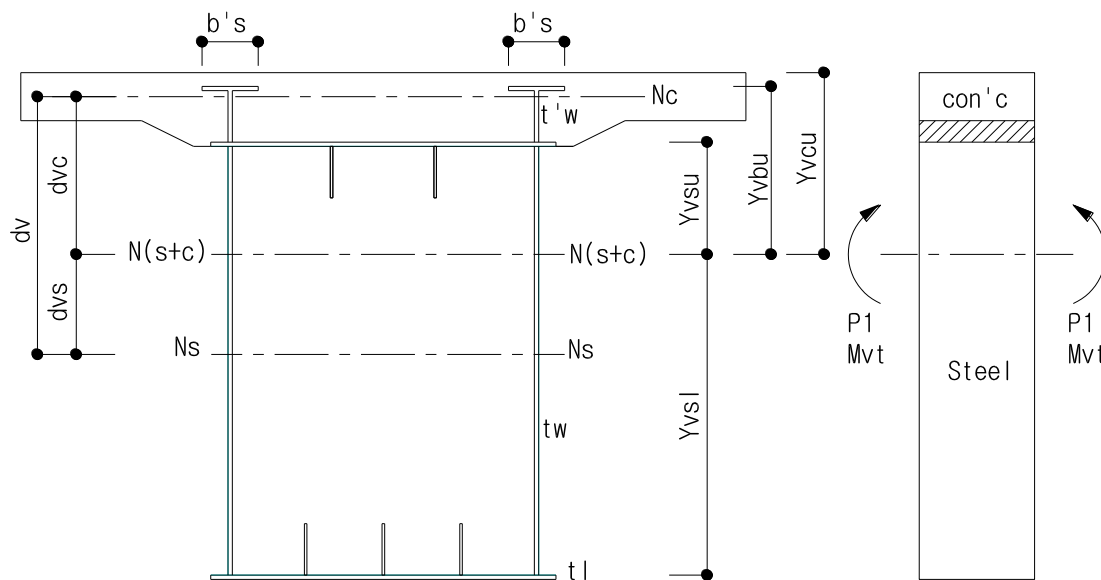
(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6210 \times 280 &= 1738794.400 &\text{ mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) &: \text{크리프계수}(\Phi_2) &4.0 &\text{ --- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 & \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 133860 + 1738794 / 24 &= 206309.767 &\text{ mm}^2 \\
d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 24.462 + 0 + 280 / 2 &= 1264.462 &\text{ mm} \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) &: \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} & \\
&= 1264.462 \times 133860 / (1738794 / 24 + 133860) &= 820.421 &\text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c1} &= 1264.462 - 820.421 &= 444.041 &\text{ mm} \\
Y_{vcu2} &= d_{c2} + t_c / 2 &= 960.421 &\text{ mm} \\
Y_{vc12} &= Y_{vcu2} - t_c &= 680.421 &\text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vbu2} &= Y_{vcl2} - t_h + 220 &= 900.421 &\text{ mm} \\
Y_{vsu2} &= Y_{vcu2} - t_c - t_h + t_u &= 692.421 &\text{ mm} \\
Y_{vsl2} &= Y_{vsu2} - (H + t_u + t_l) &= -1531.579 &\text{ mm} \\
I_{vd33} &= I_{33} + I_c / n^2 + A_s \times d_s^2 + (A_c / n^2) \times d_c^2 \\
&= 117,568,302,053 + 11360123413 / 24 + 133860 \times 444.041^2 + (1738794 / 24) \times 820.421^2 &= 193,200,412,266 &\text{ mm}^4 = 0.193 &\text{ m}^4 \\
P_2 &= E_s \times \varepsilon_s \times A_c / n^2 &= 4010094.6 &\text{ N} \\
M_{v2} &= P_2 \times d_c &= 3289966488.3 &\text{ N-mm} \\
E_{c2} &= E_s / n^2 &= 8541.667 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu4} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcu2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.627 &\text{ Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vcl4} &= 1/n^2 \times (P_2/Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vcl2}/I_{vd33}) - E_{c2} \times \varepsilon_s &= -1.589 &\text{ Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu4} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsu2} / I_{vd33} &= 17.185 &\text{ Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl4} &= P_2 / Av_2 + k \times M_{v2} \times Y_{vsl2} / I_{vd33} &= 24.419 &\text{ Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\begin{aligned}
\varepsilon_t &= \alpha \times t &: \text{온도변화}(t) = 10 & \text{---- 도.설 2.1.12} \\
&= 0.00012 \times 10 &= 0.00012 \\
P_1 &= E_s \times \varepsilon_t \times A_c / n &= 5346793 &\text{ N} \\
M_{vt} &= P_1 \times d_{vc} &= 2576819458 &\text{ N} \\
f_{vcu5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcu} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.692 &\text{ Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vcl5} &= 1/n \times (P_1/Av + k \times M_{vt} \times Y_{vcl} / I_{v33}) - E_c \times \varepsilon_t &= -1.624 &\text{ Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu5} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{biuep F.L} \\
f_{vsu5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsu} / I_{v33} &= 14.531 &\text{ Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl5} &= P_1 / Av + k \times M_{vt} \times Y_{vsl} / I_{v33} &= 18.885 &\text{ Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + \{ M_{st}/(2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 56.668 &\text{ Mpa} \\
u_a &= 125 &\text{ Mpa} &: \therefore u < u_a & \text{O.K.!!}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 33.110 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 57.280 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t3 ≥ ① 이면,

$$fca = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t3 < ① 이면,

$$fca = 24000 \times (t_3/b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

ts = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t2)

$$fca = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$fca = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t's ≥ ① 이면,

$$fca = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t's < ① 이면,

$$fca = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t's \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 166.433 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t's < ② 이면,

$$fca = 220000 \times \{ (t's \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000 \text{ MPa}$$

tu = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$fca = 166.433 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \geq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 활용 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	4.088	-3.912	166.433	215.000
1+2+3	1.578	0.867	10.800	10.800	0.000	215.000	11.270	-41.860	215.000	215.000
1+2+3+5	1.537	0.854	10.800	10.800	0.000	247.250	11.564	-41.458	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.089	-0.735	1.890	1.890	0.000	247.250	28.749	-17.038	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.782	-2.359	2.174	2.174	0.000	279.500	43.280	1.846	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.603	0.889	12.420	12.420	0.000	279.500	14.218	-35.923	279.500	247.250
1+2+4	0.069	0.038	12.960	12.960	0.000	258.000	4.404	-5.581	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	1.583	0.870	13.500	13.500	0.000	268.750	11.296	-41.998	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	1.543	0.857	13.500	13.500	0.000	268.750	11.590	-41.595	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-0.084	-0.732	2.363	2.363	0.000	268.750	28.775	-17.176	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-1.776	-2.355	2.552	2.552	0.000	290.250	43.306	1.709	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	1.609	0.892	14.580	14.580	0.000	290.250	14.244	-36.060	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	2.5%	1.8%	OK	OK
1+2+3	14.6%	8.0%	OK	OK	0.0%	OK	5.2%	19.5%	OK	OK
1+2+3+5	14.2%	7.9%	OK	OK	0.0%	OK	4.7%	19.3%	OK	OK
1+2+3+5+6	4.7%	38.9%	OK	OK	0.0%	OK	11.6%	7.9%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	82.0%	108.5%	OK	NG	0.0%	OK	15.5%	0.7%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	12.9%	7.2%	OK	OK	0.0%	OK	5.1%	14.5%	OK	OK
1+2+4	0.5%	0.3%	OK	OK	0.0%	OK	1.7%	2.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	11.7%	6.4%	OK	OK	0.0%	OK	4.2%	15.6%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	11.4%	6.3%	OK	OK	0.0%	OK	4.3%	15.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	3.5%	31.0%	OK	OK	0.0%	OK	10.7%	6.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	69.6%	92.3%	OK	OK	0.0%	OK	14.9%	0.6%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	11.0%	6.1%	OK	OK	0.0%	OK	4.9%	12.4%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.001	0.000	0.206	0.206	0.206	0.206	OK	OK
1+2+3	0.003	0.038	0.206	0.206	0.208	0.243	OK	OK
1+2+3+5	0.002	0.037	0.206	0.206	0.208	0.243	OK	OK
1+2+3+5+6	0.014	0.006	0.206	0.206	0.219	0.212	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.024	0.000	0.206	0.206	0.229	0.206	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.003	0.021	0.206	0.206	0.208	0.227	OK	OK
1+2+4	0.000	0.000	0.049	0.049	0.049	0.049	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.002	0.024	0.134	0.134	0.136	0.159	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.002	0.024	0.134	0.134	0.136	0.158	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.011	0.004	0.134	0.134	0.146	0.138	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.022	0.000	0.134	0.134	0.157	0.134	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.002	0.015	0.134	0.134	0.137	0.150	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{43.280}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{56.668}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.024 + 0.206 = 0.229 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-41.860}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{56.668}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.038 + 0.206 = 0.243 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 6) = 5.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 4.1} = 7.25 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

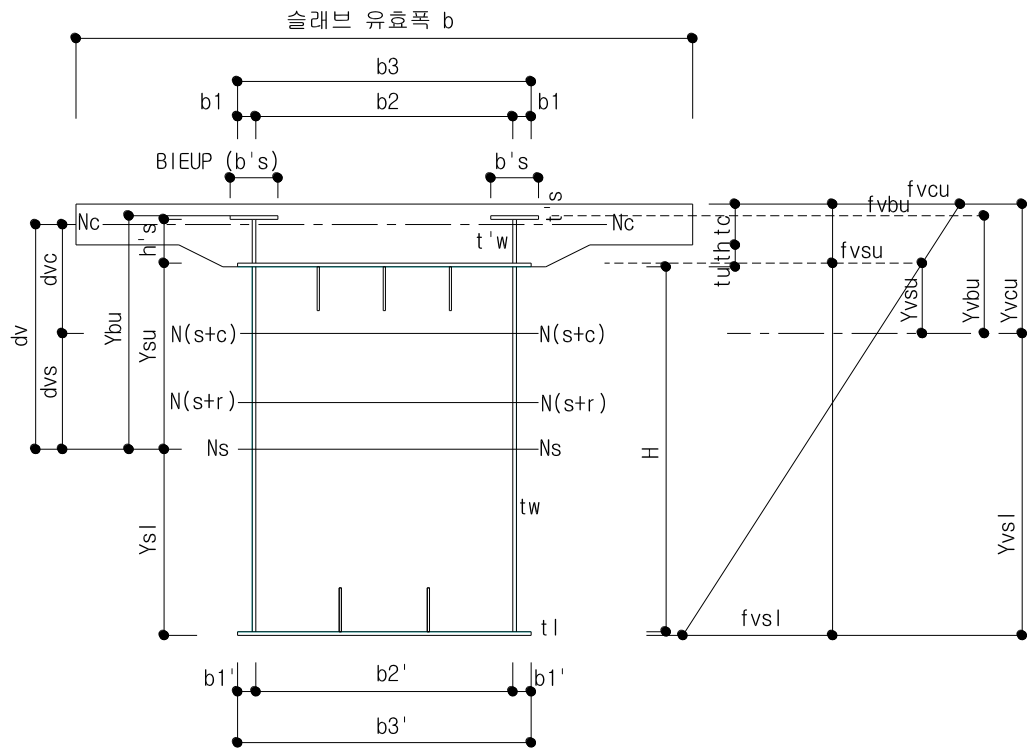
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	5.314	-5.085	355.000	OK	OK
1+2+3	3.343	1.838	16.200	OK	0.000	20.531	-85.489	355.000	OK	OK
1+2+3+7	5.035	3.462	16.200	OK	0.000	35.062	-104.374	355.000	OK	OK
1+2+3+5	3.302	1.824	16.200	OK	0.000	20.826	-85.086	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	1.676	0.236	16.200	OK	0.000	38.011	-60.667	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-0.017	-1.388	16.200	OK	0.000	52.542	-41.782	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	3.368	1.860	16.200	OK	0.000	23.480	-79.552	355.000	OK	OK
1+2+4	0.087	0.048	16.200	OK	0.000	5.709	-7.173	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	3.348	1.841	16.200	OK	0.000	20.557	-85.626	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	1.656	0.217	16.200	OK	0.000	35.088	-66.741	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	3.308	1.827	16.200	OK	0.000	20.852	-85.223	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.681	0.239	16.200	OK	0.000	38.037	-60.804	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-0.011	-1.385	16.200	OK	0.000	52.568	-41.920	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	3.374	1.863	16.200	OK	0.000	23.506	-79.689	355.000	OK	OK

4.7 단 면 겹 토(정모멘트)

[G1 : SPLICE - 13] : 절점 29 로 부터 이격거리 4.369 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	4625.596
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	1449.796
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	63.648
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	7606.322
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-557.348
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-165.908
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-1.543
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	-537.160
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-192.531
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-110.336
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-35.824
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-680.811
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

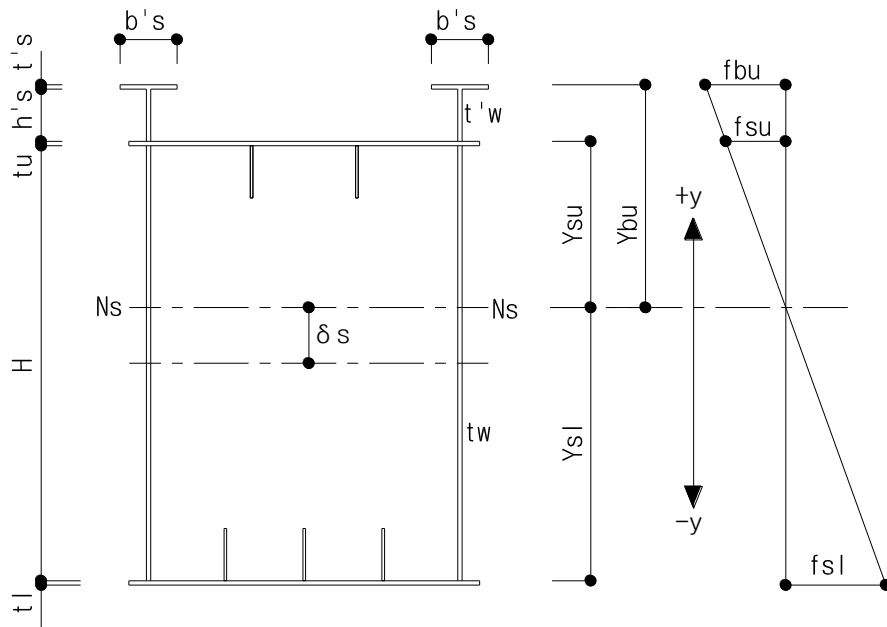
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					120960		-1373280	81889704480	21308696160
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 81889704480 + 21308696160 = 103198400640 \text{ mm}^4$$

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

$$= -1373280 / 120960 = -11.353 \text{ mm}$$

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

$$= 103198400640 - 120960 \times (-11.353)^2 = 103,182,809,552 \text{ mm}^4 = 0.103 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2200 / 2 + 10 - (-11.353) = 1121.353 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1121.353 - 2222 = -1100.647 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,332,932 \text{ mm}^2$$

$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_{33} = 50.269 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_{33} = -49.341 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 12.060 \text{ Mpa}$$

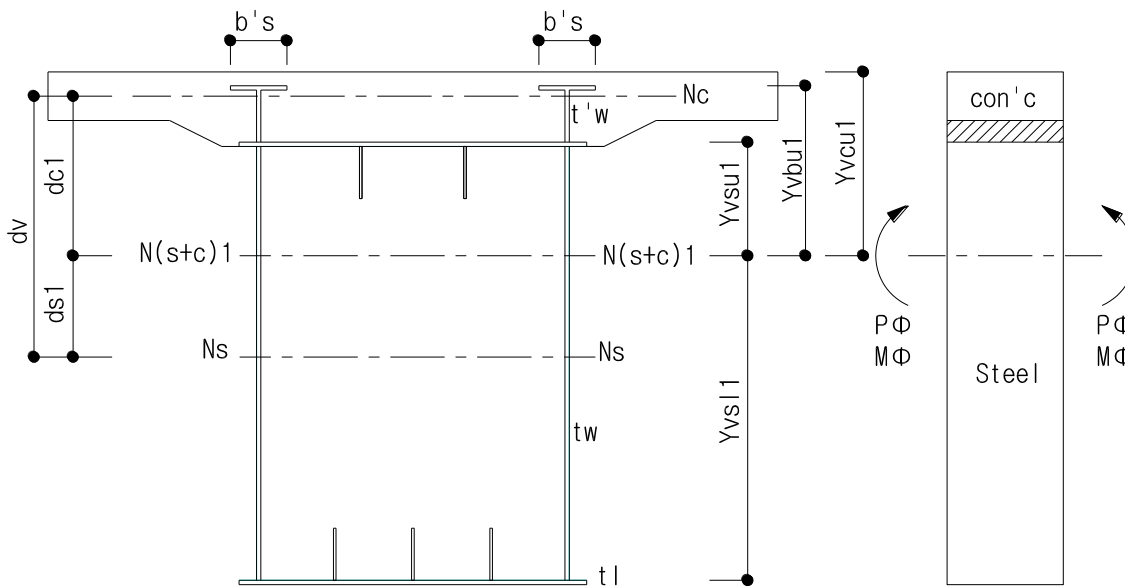
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 2.474 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.297 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 10.712 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -64.030 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 15.451 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.021 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.011 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.090 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.536 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.307 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

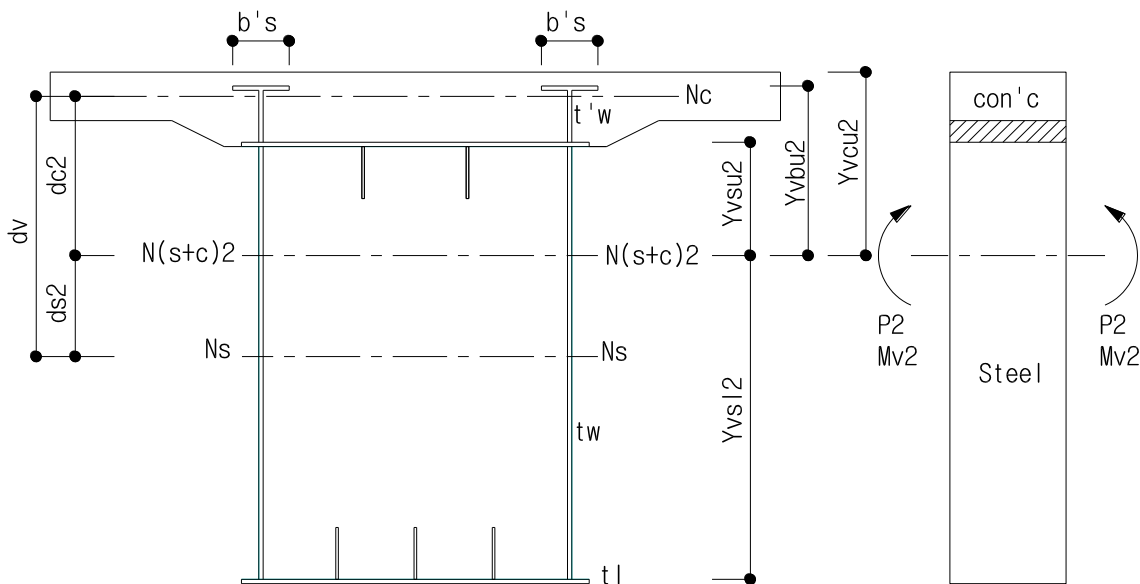
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 120960 + 1732438 / 16 = 229237.400 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm} \\
 k &= 0.396 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 16 + 120960) = 660.292 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1251.353 - 660.292 = 591.061 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 800.292 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 520.292 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 740.292 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 530.292 &\text{mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1691.708 &\text{mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times ds_1^2 + (A_c / n_1) \times dc_1^2 \\
&= 103,182,809,552 + 11318597547 / 16 + 120960 \times 591.061^2 + (1732438 / 16) \times 660.292^2 &= 193,355,377,647 &\text{mm}^4 = 0.193 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 622663.9 &\text{N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 622663.9 &\text{N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot dc_1 &= 411140167.6 &\text{N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.472 &\text{Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vcl} / (n \times I_{vc33}) &= 0.247 &\text{Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.260 &\text{Mpa} \quad : \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vcl3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcl1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.050 &\text{Mpa} \quad : \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{Mpa} \quad : \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 3.163 &\text{Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 1.291 &\text{Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6187.3 \times 280 &= 1732438.400 &\text{mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi_2) \quad 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 120960 + 1732438 / 24 &= 193144.933 &\text{mm}^2 \\
dv &= H/2 - \delta s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 &= 1251.353 &\text{mm} \\
dc_2 &= dv \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 24 + 120960) &= 783.679 &\text{mm} \\
ds_2 &= dv - dc_1 &= 1251.353 - 783.679 &= 467.674 &\text{mm} \\
Y_{vcu2} &= dc_2 + t_c / 2 &= 923.679 &\text{mm} \\
Y_{vcl2} &= Y_{vcu2} - t_c &= 643.679 &\text{mm}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w)\} = 16.365 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w)\} = 31.662 \text{ Mpa}$$

$$u_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore u < u_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

$$i = 0.65 \left(\Phi / n \right)^2 + 0.13 \left(\Phi / n \right) + 1.0$$

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \leq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	50.269	-49.341	135.100	215.000
1+2+3	2.946	1.544	10.800	10.800	0.000	215.000	63.024	-125.576	215.000	215.000
1+2+3+5	2.686	1.494	10.800	10.800	0.000	247.250	66.186	-124.284	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.516	0.241	10.800	10.800	0.000	247.250	91.520	-114.748	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.353	-1.068	12.420	2.174	0.000	279.500	108.636	-106.930	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.678	1.549	12.420	12.420	0.000	279.500	74.403	-122.566	279.500	247.250
1+2+4	0.492	0.258	12.960	12.960	0.000	258.000	52.401	-62.081	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	2.956	1.550	13.500	13.500	0.000	268.750	63.068	-125.844	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.697	1.500	13.500	13.500	0.000	268.750	66.231	-124.552	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.526	0.246	13.500	13.500	0.000	268.750	91.565	-115.016	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.363	-1.063	14.580	2.552	0.000	290.250	108.681	-107.198	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.688	1.555	14.580	14.580	0.000	290.250	74.448	-122.834	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	37.2%	22.9%	OK	OK
1+2+3	27.3%	14.3%	OK	OK	0.0%	OK	29.3%	58.4%	OK	OK
1+2+3+5	24.9%	13.8%	OK	OK	0.0%	OK	26.8%	57.8%	OK	OK
1+2+3+5+6	14.0%	2.2%	OK	OK	0.0%	OK	37.0%	53.4%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.8%	8.6%	OK	OK	0.0%	OK	38.9%	43.2%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	21.6%	12.5%	OK	OK	0.0%	OK	26.6%	49.6%	OK	OK
1+2+4	3.8%	2.0%	OK	OK	0.0%	OK	20.3%	24.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	21.9%	11.5%	OK	OK	0.0%	OK	23.5%	46.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	20.0%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	24.6%	46.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	11.3%	1.8%	OK	OK	0.0%	OK	34.1%	42.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.5%	7.3%	OK	OK	0.0%	OK	37.4%	36.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	18.4%	10.7%	OK	OK	0.0%	OK	25.6%	42.3%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.138	0.053	0.064	0.064	0.202	0.116	OK	OK
1+2+3	0.086	0.341	0.064	0.064	0.149	0.405	OK	OK
1+2+3+5	0.072	0.334	0.064	0.064	0.135	0.398	OK	OK
1+2+3+5+6	0.137	0.285	0.064	0.064	0.201	0.348	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.151	0.187	0.064	0.064	0.215	0.251	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.071	0.246	0.064	0.064	0.134	0.309	OK	OK
1+2+4	0.041	0.058	0.012	0.012	0.053	0.070	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.055	0.219	0.041	0.041	0.096	0.260	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.061	0.215	0.041	0.041	0.102	0.256	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.116	0.183	0.041	0.041	0.157	0.224	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.140	0.136	0.041	0.041	0.181	0.177	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.066	0.179	0.041	0.041	0.107	0.220	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{108.636}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{31.509}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.151 + 0.064 = 0.215 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-125.576}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{31.509}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.341 + 0.064 = 0.405 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{min} = b^2' / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 50.3} = 2.07 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

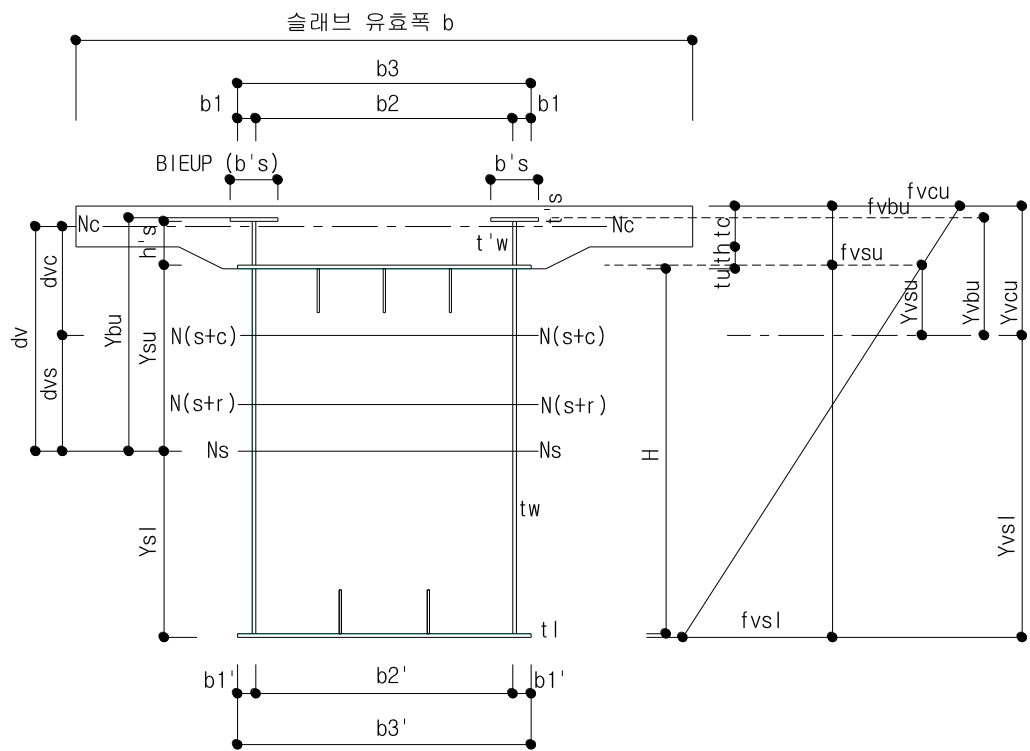
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	65.350	-64.143	355.000	OK	OK
1+2+3	5.933	3.110	16.200	OK	0.000	91.036	-217.674	355.000	OK	OK
1+2+3+7	7.095	4.419	16.200	OK	0.000	108.153	-225.492	355.000	OK	OK
1+2+3+5	5.673	3.060	16.200	OK	0.000	94.199	-216.383	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	4.502	1.806	16.200	OK	0.000	119.533	-206.847	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	3.340	0.497	16.200	OK	0.000	136.649	-199.029	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	5.665	3.115	16.200	OK	0.000	102.416	-214.664	355.000	OK	OK
1+2+4	0.634	0.332	16.200	OK	0.000	68.094	-80.545	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	5.943	3.115	16.200	OK	0.000	91.081	-217.942	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.781	1.806	16.200	OK	0.000	108.197	-210.124	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	5.684	3.065	16.200	OK	0.000	94.244	-216.651	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	4.513	1.812	16.200	OK	0.000	119.577	-207.115	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	3.350	0.503	16.200	OK	0.000	136.694	-199.297	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	5.675	3.121	16.200	OK	0.000	102.461	-214.932	355.000	OK	OK

4.7 단 면 겹 토(정모멘트)

[G1 : SPLICE - 14] : 절점 32 로 부터 이격거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건



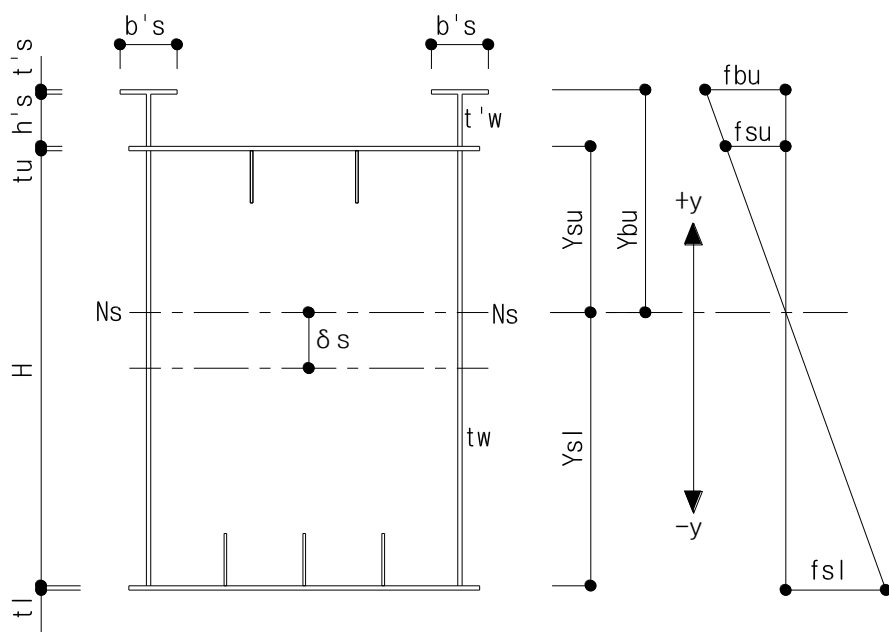
b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	6636.968
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	2035.933
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	89.183
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN-m	6082.637
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	234.053
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	74.289
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	1.459
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	522.617
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	278.986
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	97.576
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	69.043
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	952.140
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	2	;	120	X 12	2880	-1040	-2995200	3115008000	3456000
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					120960		-1373280	81889704480	21308696160
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



$$\underline{u} = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 6.613 \text{ Mpa}$$

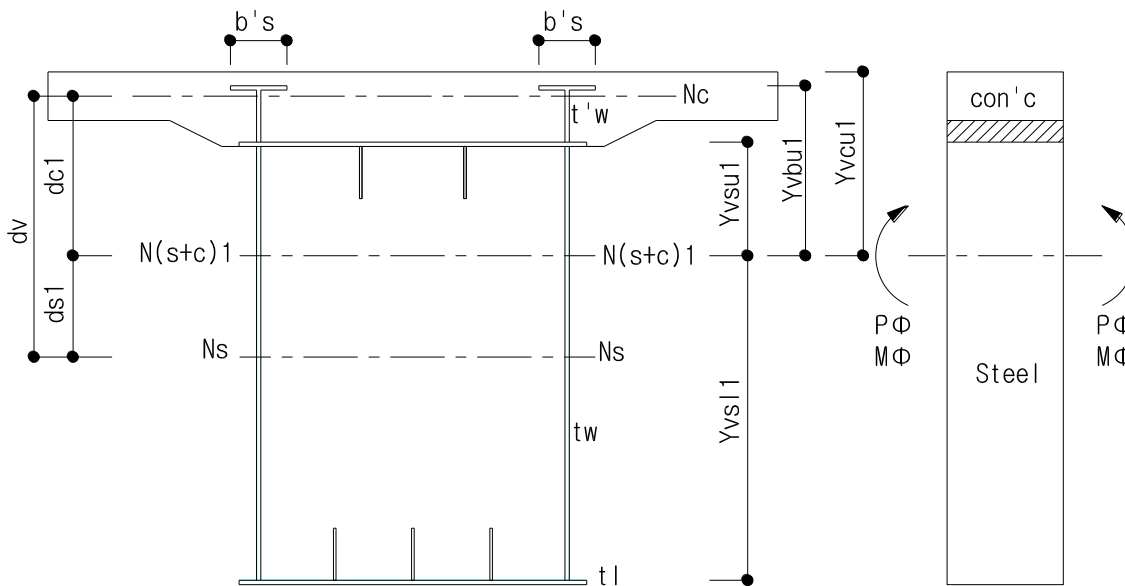
(3) 활하중 응력산정

$$\begin{aligned}
 f_{vcu1} &= M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 1.979 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl1} &= M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 1.037 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu1} &= & = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu1} &= M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 8.567 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl1} &= M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -51.204 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 17.279 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$\begin{aligned}
 f_{vcu2} &= M_w \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_{v33}) = 0.029 \text{ Mpa} & : \text{상단(콘크리트)} \\
 f_{vcl2} &= M_w \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_{v33}) = 0.015 \text{ Mpa} & : \text{하단(콘크리트)} \\
 f_{vbu2} &= M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} & : \text{biuep F.L} \\
 f_{vsu2} &= M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 0.126 \text{ Mpa} & : \text{상연(강재)} \\
 f_{vsl2} &= M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -0.751 \text{ Mpa} & : \text{하연(강재)} \\
 \underline{u} &= S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.563 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

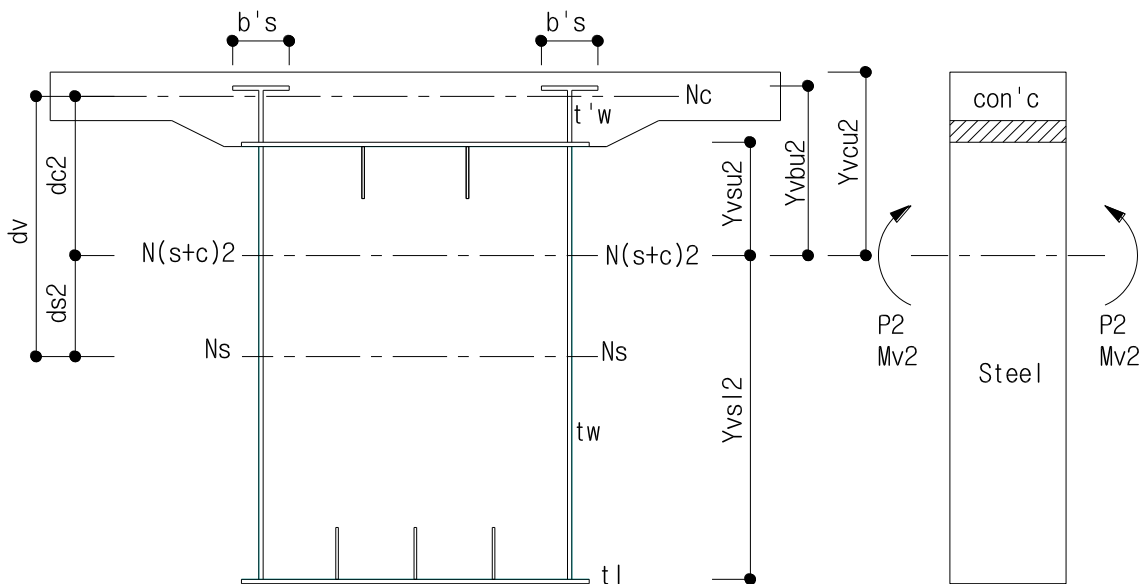
(5) 크리프



$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2 \\
 n1 &= n \times (1 + \Phi / 2) : \text{크리프계수}(\Phi) \ 2.0 \text{ --- 도.설 3.9.2.6} \\
 &= 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
 A_{v1} &= A_s + A_c / n1 = 120960 + 1732438 / 16 = 229237.400 \text{ mm}^2 \\
 dv &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 = 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 = 1251.353 \text{ mm} \\
 k &= 0.727 : \text{2차 부정정력 계수} \\
 dc1 &= dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
 &= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 16 + 120960) = 660.292 \text{ mm} \\
 ds1 &= dv - dc1 = 1251.353 - 660.292 = 591.061 \text{ mm} \\
 Y_{vcu1} &= dc1 + t_c / 2 = 800.292 \text{ mm} \\
 Y_{vcl1} &= Y_{vcu1} - t_c = 520.292 \text{ mm} \\
 Y_{vbu1} &= Y_{vcl1} - t_h + 220 = 740.292 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vsu1} &= Y_{vcu1} - t_c - t_h + t_u &= 530.292 &\text{ mm} \\
Y_{vsl1} &= Y_{vsu1} - (H + t_u + t_l) &= -1691.708 &\text{ mm} \\
I_{vc33} &= I_{33} + I_c / n_1 + A_s \times d_{s1}^2 + (A_c / n_1) \times d_{c1}^2 \\
&= 103,182,809,552 + 11318597547 / 16 + 120960 \times 591.061^2 + (1732438 / 16) \times 660.292^2 &= 193,355,377,647 &\text{ mm}^4 = 0.193 &\text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) &= 874400.2 &\text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) &= 874400.2 &\text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} &= 577359650.3 &\text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi_1 / 2) &= 14346.700 &\text{ Mpa} \\
f_{cu1} &= M_{sc} \times Y_{vcu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.662 &\text{ Mpa} \\
f_{cl1} &= M_{sc} \times Y_{vc1} / (n \times I_{vc33}) &= 0.347 &\text{ Mpa} \\
f_{bu1} &= M_{sc} \times Y_{vbu} / (n \times I_{vc33}) &= 0.000 &\text{ Mpa} \\
f_{vcu3} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vcu1} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cu1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.315 &\text{ Mpa} &: \text{상단(콘크리트)} \\
f_{vc13} &= 1/n_1 \times (P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vc11} / I_{vc33}) - E_{c1} \times f_{cl1} \times \Phi_1 / E_c &= -0.038 &\text{ Mpa} &: \text{하단(콘크리트)} \\
f_{vbu3} &= &= 0.000 &\text{ Mpa} &: \text{bluep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsu1} / I_{vc33} &= 4.966 &\text{ Mpa} &: \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_{v1} + k \times M\Phi \times Y_{vsl1} / I_{vc33} &= 0.141 &\text{ Mpa} &: \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
A_c &= b \times t_c &= 6187.3 \times 280 &= 1732438.400 &\text{ mm}^2 \\
n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) &: \text{크리프계수}(\Phi_2) &4.0 &\text{ --- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) &= 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n_2 &= 120960 + 1732438 / 24 &= 193144.933 &\text{ mm}^2 \\
d_v &= H/2 - \delta_s + t_h + t_c/2 &= 2200 / 2 - 11.353 + 0 + 280 / 2 &= 1251.353 &\text{ mm} \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n_2 + A_s) &: \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1251.353 \times 120960 / (1732438 / 24 + 120960) &= 783.679 &\text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c1} &= 1251.353 - 783.679 &= 467.674 &\text{ mm} \\
Y_{vcu2} &= d_{c2} + t_c / 2 &= 923.679 &\text{ mm} \\
Y_{vc12} &= Y_{vcu2} - t_c &= 643.679 &\text{ mm}
\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 9.339 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 150 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

* 활하중 재하시

$$U = (S_s + S_{sc} + S_w + 2 \cdot S_v) / A_w + \{ M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{wt} + 2 \cdot M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w) \} = 26.336 \text{ Mpa}$$

$$U_a = 156.25 \text{ Mpa} \quad \therefore U < U_a \quad \text{O.K. !}$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f₁, f₂ : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f₁ ≥ f₂이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력(자유돌출판_Bieup)

* 강재 SM520B 사용

$$\textcircled{1} = b / 10.5 = 0 / 10.5 = 0.00 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 0 / 16 = 0.00 \text{ mm}$$

∴ t₃ ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t₃ < ① 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3 / b)^2 = 215.000 \text{ MPa}$$

t_s = 0 mm : 사용된 플랜지 두께(t₂)

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa} \quad \text{: 압축(Bieup)플랜지의 허용응력}$$

- 강재 허용응력(Box형 플랜지)

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

$$\textcircled{1} = b_2 / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b_2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696 \text{ mm}$$

$$\textcircled{3} = b_2 / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000 \text{ mm}$$

∴ t'_s ≥ ① 이면,

$$f_{ca} = 215.000 \text{ MPa}$$

∴ ② ≤ t'_s < ① 이면,

$$f_{ca} = 215 - 4.7 \times \{ b_2 / (t'_s \times i \times n) - 23 \}$$

$$= 215 - 4.7 \times \{ 2400 / (10 \times 1.000 \times 6) - 23 \} = 135.100 \text{ MPa}$$

∴ ③ ≤ t'_s < ② 이면,

$$f_{ca} = 220000 \times \{ (t'_s \times i \times n) / b_2 \}^2$$

$$= 220000 \times \{ (10 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 137.500 \text{ MPa}$$

t_u = 10 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

$$f_{ca} = 135.100 \text{ MPa}$$

그러나, 합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면,

, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

$f_{ca} =$: 압축(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

$f_{ta} =$: 인장(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근콘크리트 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* f_{ck} 27 MPa 사용

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

$f_{ta} = 0.07 \times f_{ck}$, but $f_{ta}' \leq 2.5$ 이하 = 1.890 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.000	215.000	72.128	-70.796	135.100	215.000
1+2+3	2.641	1.384	10.800	10.800	0.000	215.000	83.562	-139.139	215.000	215.000
1+2+3+5	2.326	1.346	10.800	10.800	0.000	247.250	88.528	-138.998	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.384	0.252	10.800	10.800	0.000	247.250	117.747	-138.785	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.479	-0.922	12.420	2.174	0.000	279.500	135.978	-137.627	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.289	1.426	12.420	12.420	0.000	279.500	99.516	-139.942	279.500	247.250
1+2+4	0.691	0.362	12.960	12.960	0.000	258.000	75.121	-88.686	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	2.655	1.392	13.500	13.500	0.000	268.750	83.625	-139.514	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	2.340	1.354	13.500	13.500	0.000	268.750	88.591	-139.373	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	1.398	0.260	13.500	13.500	0.000	268.750	117.810	-139.160	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.493	-0.914	14.580	2.552	0.000	290.250	136.041	-138.002	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	2.303	1.434	14.580	14.580	0.000	290.250	99.579	-140.317	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력 /허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	53.4%	32.9%	OK	OK
1+2+3	24.5%	12.8%	OK	OK	0.0%	OK	38.9%	64.7%	OK	OK
1+2+3+5	21.5%	12.5%	OK	OK	0.0%	OK	35.8%	64.7%	OK	OK
1+2+3+5+6	12.8%	2.3%	OK	OK	0.0%	OK	47.6%	64.6%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	3.9%	7.4%	OK	OK	0.0%	OK	48.7%	55.7%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	18.4%	11.5%	OK	OK	0.0%	OK	35.6%	56.6%	OK	OK
1+2+4	5.3%	2.8%	OK	OK	0.0%	OK	29.1%	34.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	19.7%	10.3%	OK	OK	0.0%	OK	31.1%	51.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	17.3%	10.0%	OK	OK	0.0%	OK	33.0%	51.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	10.4%	1.9%	OK	OK	0.0%	OK	43.8%	51.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	3.4%	6.3%	OK	OK	0.0%	OK	46.9%	47.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	15.8%	9.8%	OK	OK	0.0%	OK	34.3%	48.3%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.285	0.108	0.043	0.043	0.328	0.152	OK	OK
1+2+3	0.151	0.419	0.043	0.043	0.195	0.462	OK	OK
1+2+3+5	0.128	0.418	0.043	0.043	0.172	0.461	OK	OK
1+2+3+5+6	0.227	0.417	0.043	0.043	0.270	0.460	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.237	0.310	0.043	0.043	0.280	0.353	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.127	0.320	0.043	0.043	0.170	0.364	OK	OK
1+2+4	0.085	0.118	0.004	0.004	0.089	0.122	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.097	0.269	0.028	0.028	0.125	0.298	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.109	0.269	0.028	0.028	0.137	0.297	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.192	0.268	0.028	0.028	0.221	0.297	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.220	0.226	0.028	0.028	0.248	0.254	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.118	0.234	0.028	0.028	0.146	0.262	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{72.128}{135.100}\right)^2 + \left(\frac{26.055}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.285 + 0.043 = 0.328 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-139.139}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{26.055}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.419 + 0.043 = 0.462 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 압축(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 압축(상부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.9.6

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

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

- 인장(하부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

$$t_{\min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$t_{\min} = b^2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 1 단

$$t_{min} = H / (206 \times 1.2)$$

$$= 2200 / (206 \times 1.2) = 8.8997 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 72.1} = 1.73 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / (121 \times 0)$$

$$= 0 / (121 \times 0) = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K. !}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 0.0} = 0.00 < 1.2 \quad \therefore 0 \text{ 사용}$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

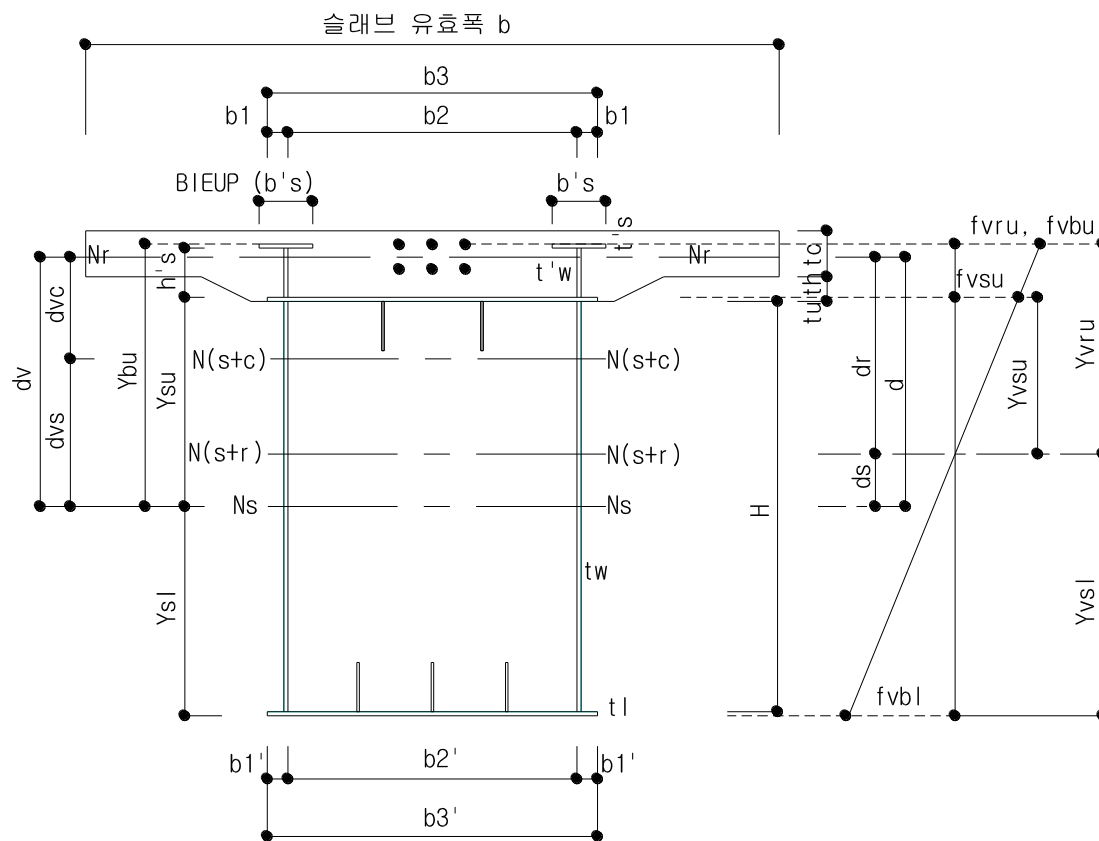
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	Concrete				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	93.767	-92.035	355.000	OK	OK
1+2+3	5.115	2.681	16.200	OK	0.000	115.912	-224.404	355.000	OK	OK
1+2+3+7	6.020	3.855	16.200	OK	0.000	134.143	-225.561	355.000	OK	OK
1+2+3+5	4.800	2.643	16.200	OK	0.000	120.878	-224.263	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	3.858	1.549	16.200	OK	0.000	150.097	-224.049	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	2.953	0.375	16.200	OK	0.000	168.328	-222.892	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	4.763	2.723	16.200	OK	0.000	131.867	-225.207	355.000	OK	OK
1+2+4	0.890	0.467	16.200	OK	0.000	97.620	-115.066	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	5.130	2.689	16.200	OK	0.000	115.975	-224.779	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	4.225	1.515	16.200	OK	0.000	134.206	-223.622	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	4.814	2.651	16.200	OK	0.000	120.941	-224.638	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	3.872	1.557	16.200	OK	0.000	150.160	-224.425	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	2.967	0.383	16.200	OK	0.000	168.391	-223.267	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	4.777	2.730	16.200	OK	0.000	131.929	-225.582	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : SPLICE - 3] : 절점 7 로 부터 이격거리 4.369 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수 $\phi 1$ 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-2263.820
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-626.119
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-27.232
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-6288.570
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1020.312
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	308.202
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	10.828
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	726.819
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	146.183
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	242.413
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	55.299
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	855.559
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

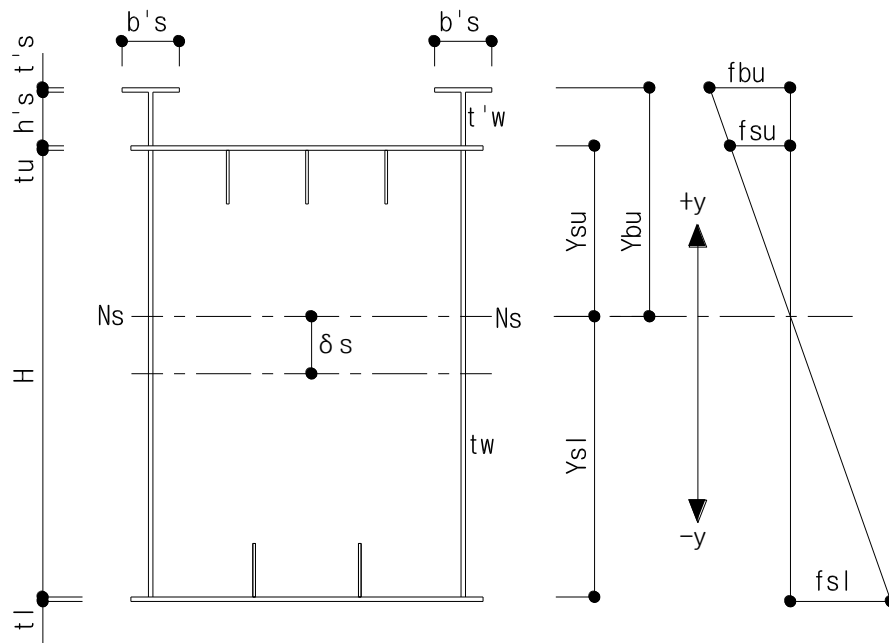
합성전 고정하중 : 강재 자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽 자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400.0	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1025	-10762500	11031562500	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680.0	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					128580.0		-9140580	89806258980	21324927660
상부철근					19160.769	1320	25292215	33385723390	
하부철근					19160.769	1140	21843276	24901335008	
철근합계					38321.537		47135491	58287058398	
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 89806258980 + 21324927660 = 111131186640 \text{ mm}^4$$

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

$$= -9140580 / 128580 = -71.089 \text{ mm}$$

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

$$= 111131186640 - 128580 \times (-71.089)^2 = 110,481,395,049 \text{ mm}^4 = 0.110 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2200 / 2 + 10 - (-71.089) = 1181.089 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1181.089 - 2222 = -1040.911 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,332,932 \text{ mm}^2$$

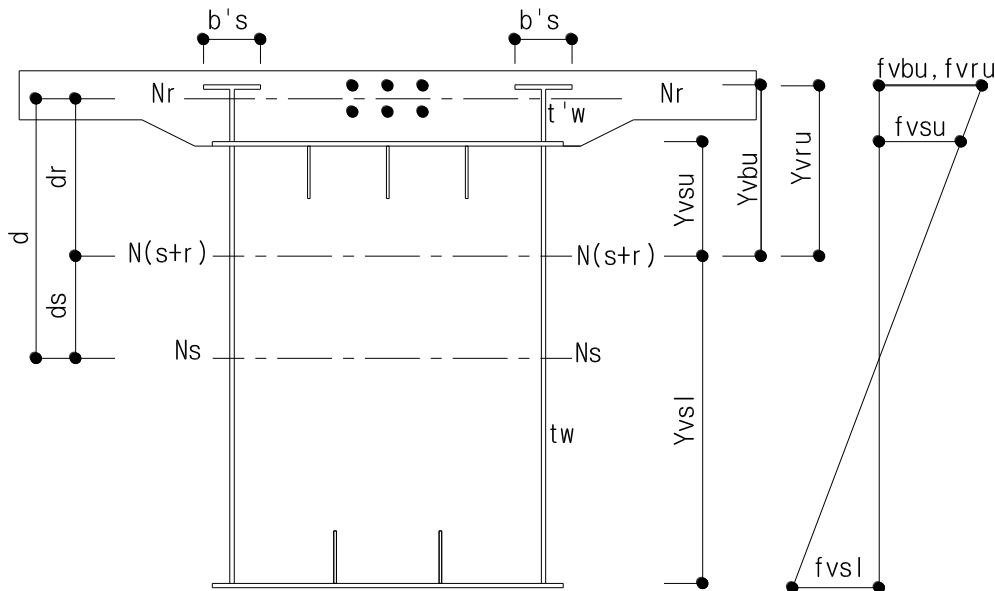
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -24.201 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 21.329 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 20.466 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 128580 + 38321.53741 = 166,901.5 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + t_h + t_{cl} + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r$$

$$= 2200 / 2 - 71.089 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 19160.7687 / 38321.537 = 1301.089 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1002.351 \text{ mm}$$

$$d_s = d - d_r = 298.737 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 160,458,350,081 \text{ mm}^4 = 0.160 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \cdot h \cdot ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \cdot (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l / 2) = 5,375,142 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1092.351 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = d_r - (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 912.351 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 882.351 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1339.649 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -4.262 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -3.560 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -3.443 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 5.227 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 7.716 \text{ Mpa}$$

(3) 활하중 응력산정

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -42.811 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl1} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -35.756 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu1} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu1} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -34.580 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl1} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 52.503 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 20.398 \text{ Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -0.185 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -0.155 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

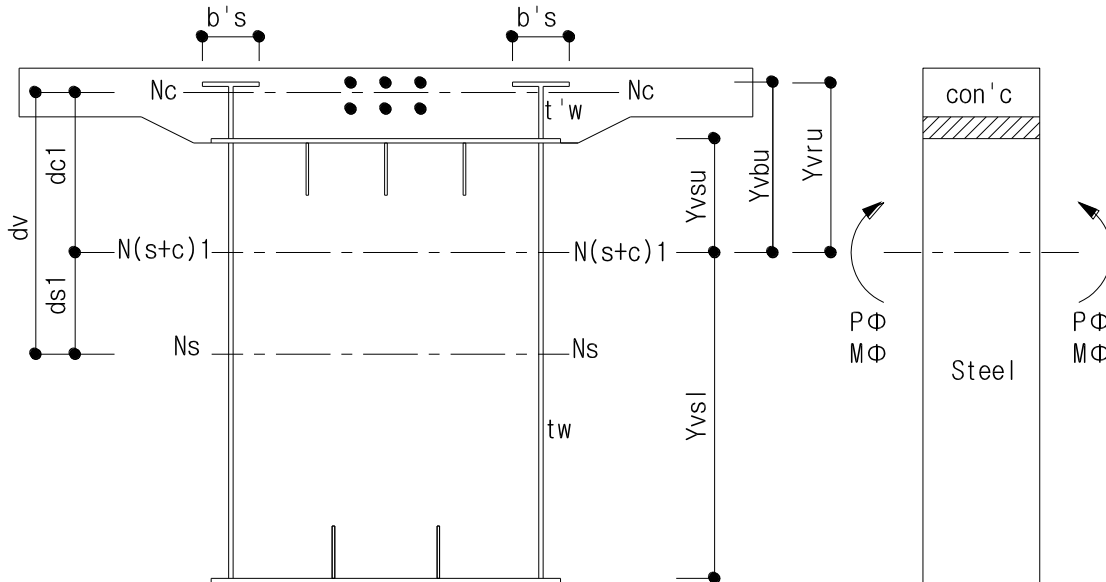
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -0.150 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 0.227 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.634 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 128580 + 1732438.400 / 8 = 345134.8 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta_s + t_h + t_c / 2 = 2200 / 2 - 71.089 + 0.0 + 280 / 2 = 1311.1 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\ = 1311.1 \times 128580 / (1732438.4 / 8 + 128580) = 488.4 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = dv - d_{vc} = 1311.1 - 488.4 = 822.6 \text{ mm}$$

$$n_1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi_1) = 2.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\ = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 128580 + 1732438.400 / 16 = 236857.4 \text{ mm}^2$$

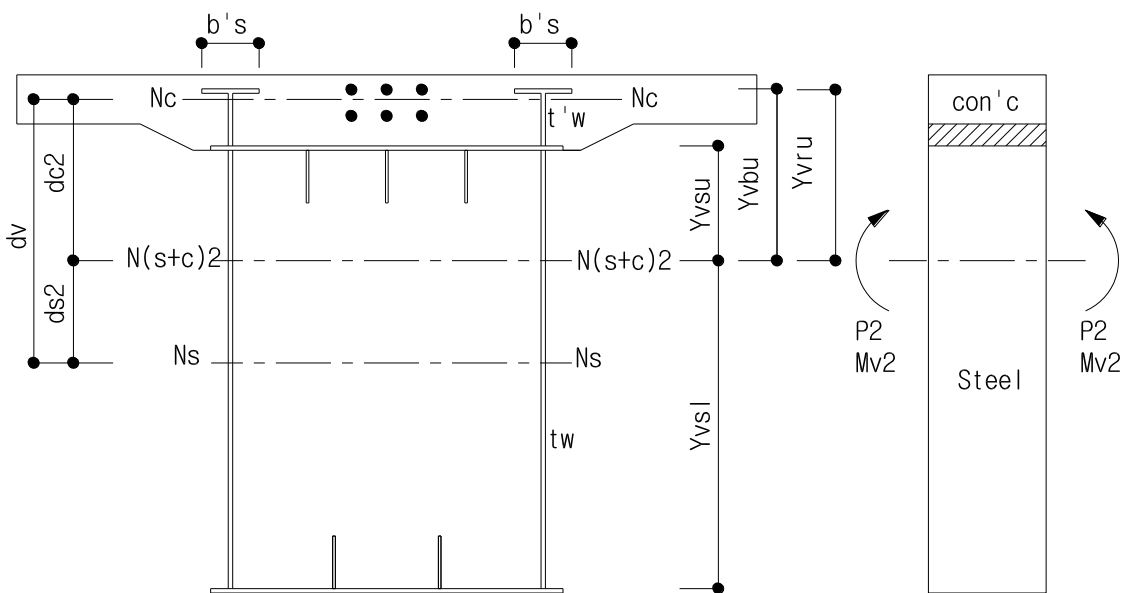
$$k = 0.185 \quad : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\ = 1311.089 \times 128580 / (1732438 / 16 + 128580) = 711.7 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1311.1 - 711.7 = 599.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 110,481,395,049 + 11318597547 / 16 + 128580 \times 822.64^2 + (1732438 / 16) \times 488.446^2 = 224,036,905,121 \text{ mm}^4 = 0.224 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -295611.8871 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -295611.8871 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -210397424 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -2.037 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.993 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.986 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -1.446 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 128580 + 1732438 / 24 = 200764.933 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= dv \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1311.089 \times 128580 / (1732438 / 24 + 128580) = 839.687 \text{ mm} \\
d_{s2} &= dv - d_{c2} = 1311.089 - 839.687 = 471.401 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3995436.06 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3354917220 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 28.171 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 27.474 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 27.358 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 18.748 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b_2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b_2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b_2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$
 = $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$
 = 166.433 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b_2' \}^2$
 = $220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000$ MPa

t_l = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 166.433 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상면	하면				상면	하면	상면	하면
1				0.000	215.000	-24.201	21.329	215.000	166.433
1+2+3	-47.073	-39.316	160.000	0.000	215.000	-62.225	79.059	215.000	166.433
1+2+3+5	-49.110	-41.309	160.000	0.000	215.000	-64.210	77.613	215.000	166.433
1+2+3+5+6	-20.938	-13.835	160.000	0.000	215.000	-36.852	96.361	215.000	166.433
1+2+3+5+6+7	-10.337	-3.775	184.000	0.000	247.250	-2.282	124.254	247.250	191.398
1+2+3+5+6-7	-31.540	-23.896	184.000	0.000	247.250	-71.423	68.469	247.250	191.398
1+2+4	-4.448	-3.715	192.000	0.000	258.000	-27.794	26.784	258.000	199.720
1+2+3+(1/2)4	-47.166	-39.394	200.000	0.000	268.750	-62.299	79.172	268.750	208.042
1+2+3+(1/2)4+5	-49.202	-41.387	200.000	0.000	268.750	-64.285	77.727	268.750	208.042
1+2+3+(1/2)4+5+6	-21.031	-13.913	200.000	0.000	268.750	-36.927	96.475	268.750	208.042
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-10.430	-3.852	216.000	0.000	290.250	-2.357	124.367	290.250	224.685
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-31.632	-23.973	216.000	0.000	290.250	-71.497	68.582	290.250	224.685

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	11.3%	12.8%	OK	OK
1+2+3	29.4%	24.6%	OK	OK	0.0%	OK	28.9%	47.5%	OK	OK
1+2+3+5	30.7%	25.8%	OK	OK	0.0%	OK	29.9%	46.6%	OK	OK
1+2+3+5+6	13.1%	8.6%	OK	OK	0.0%	OK	17.1%	57.9%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	5.6%	2.1%	OK	OK	0.0%	OK	0.9%	64.9%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	17.1%	13.0%	OK	OK	0.0%	OK	28.9%	35.8%	OK	OK
1+2+4	2.3%	1.9%	OK	OK	0.0%	OK	10.8%	13.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	23.6%	19.7%	OK	OK	0.0%	OK	23.2%	38.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	24.6%	20.7%	OK	OK	0.0%	OK	23.9%	37.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	10.5%	7.0%	OK	OK	0.0%	OK	13.7%	46.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	4.8%	1.8%	OK	OK	0.0%	OK	0.8%	55.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	14.6%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	24.6%	30.5%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.013	0.016	0.151	0.151	0.164	0.167	OK	OK
1+2+3	0.084	0.226	0.151	0.151	0.235	0.377	OK	OK
1+2+3+5	0.089	0.217	0.151	0.151	0.240	0.369	OK	OK
1+2+3+5+6	0.029	0.335	0.151	0.151	0.180	0.486	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.000	0.421	0.151	0.151	0.151	0.572	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.083	0.128	0.151	0.151	0.234	0.279	OK	OK
1+2+4	0.012	0.018	0.037	0.037	0.049	0.055	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.054	0.145	0.098	0.098	0.152	0.243	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.057	0.140	0.098	0.098	0.155	0.238	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.019	0.215	0.098	0.098	0.117	0.313	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.000	0.306	0.098	0.098	0.098	0.404	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.061	0.093	0.098	0.098	0.159	0.191	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-64.210}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{48.580}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.089 + 0.151 = 0.240 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{124.254}{191.398}\right)^2 + \left(\frac{48.580}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.421 + 0.151 = 0.572 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 6) = 5.00 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 2 단
 $t_{min} = H / (291 \times 1.200) = 2200 / (291 \times 1.20) = 6.30 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 21.3} = 3.175 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

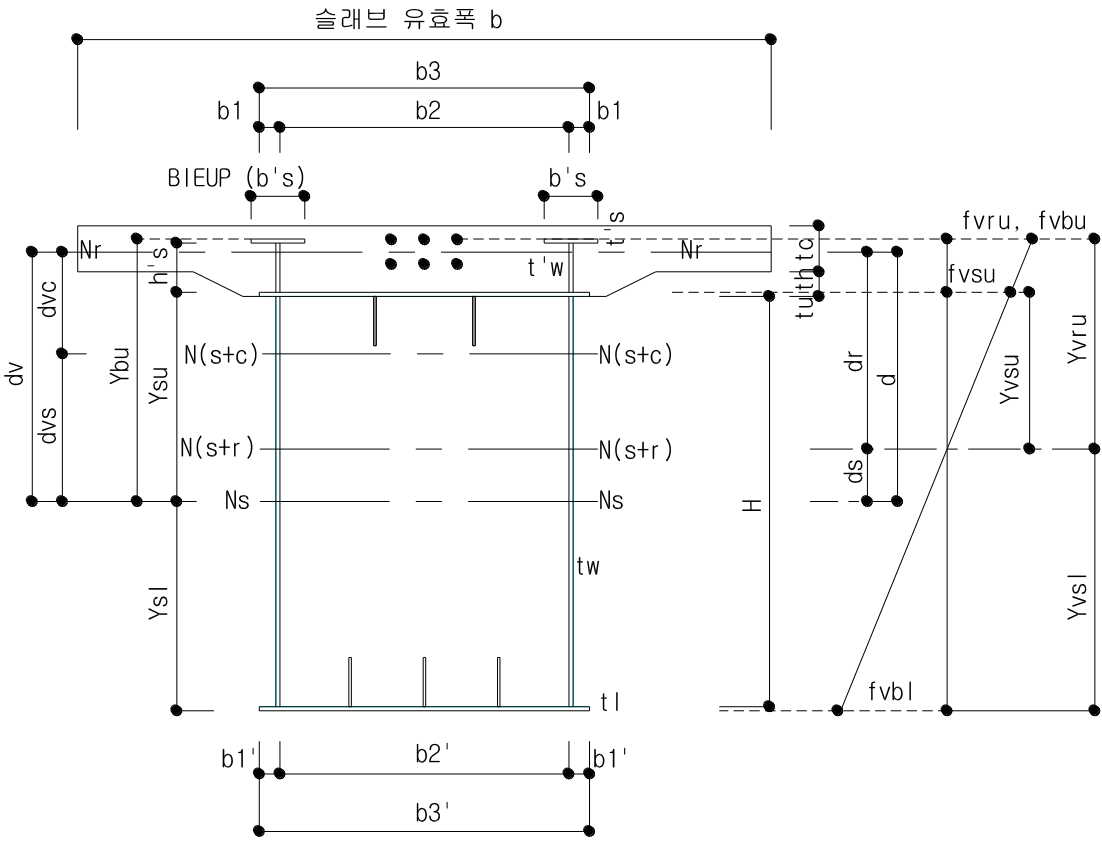
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-31.461	27.727	355.000	OK	OK
1+2+3	-97.584	-81.504	240.000	OK	0.000	-110.285	147.404	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-108.185	-91.564	240.000	OK	0.000	-144.856	175.296	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-99.621	-83.497	240.000	OK	0.000	-112.271	145.958	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-71.449	-56.023	240.000	OK	0.000	-84.913	164.706	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-60.848	-45.962	240.000	OK	0.000	-50.343	192.598	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-82.051	-66.083	240.000	OK	0.000	-119.483	136.813	355.000	OK	OK
1+2+4	-5.727	-4.783	240.000	OK	0.000	-36.087	34.750	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-97.677	-81.581	240.000	OK	0.000	-110.360	147.517	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-87.075	-71.521	240.000	OK	0.000	-75.790	175.410	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-99.713	-83.574	240.000	OK	0.000	-112.346	146.072	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-71.542	-56.100	240.000	OK	0.000	-84.988	164.820	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-60.941	-46.040	240.000	OK	0.000	-50.418	192.712	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-82.143	-66.161	240.000	OK	0.000	-119.558	136.927	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : SPLICE - 4] : 절점 10 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	5715.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2520.4	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2520.4	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2537	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-16139.898
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-4983.940
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-360.814
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-10304.055
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1329.766
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	467.780
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	78.724
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	983.601
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	48.721
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	153.544
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	85.035
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	1212.488
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

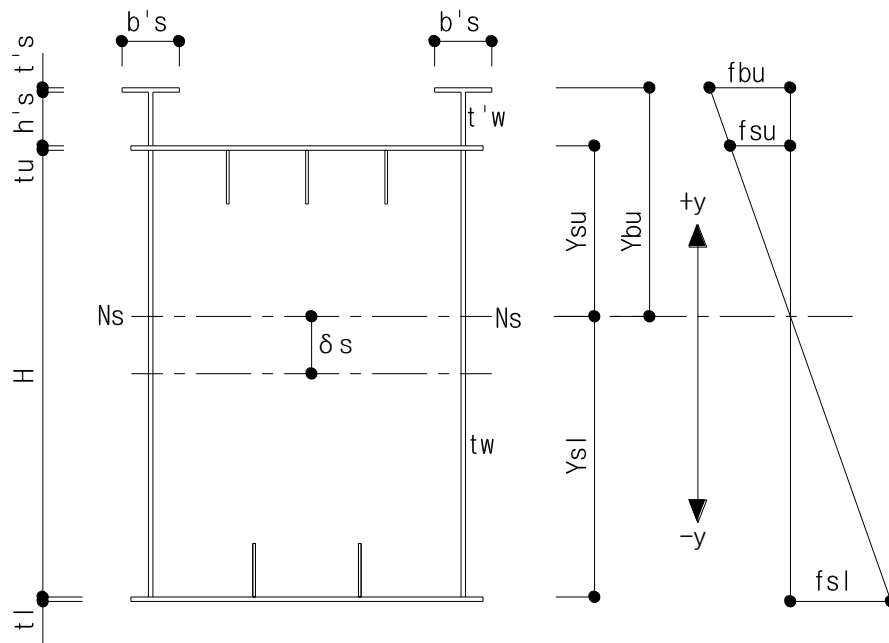
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2520	X 18	45366.7	1277.5	57955908	74038672662	1224899.82
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1208.5	3480480	4206160080	3456000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2537	X 12	60888	0	0	0	32658136306
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1193.5	-12531750	14956643625	19687500
Lower FL.	1	;	2520	X 20	50407.4	-1278.5	-64445861	82394033161	1680246.667
TOTAL					170042.1		-15541223	1.75596E+11	32684184952
상부철근					17699.172	1488.5	26345218	39214856299	
하부철근					17699.172	1308.5	23159367	30304031160	
철근합계					35398.344		49504584	69518887459	
바닥판	1	;	5715	X 280	1600286.80	1408.5	2.254E+09	3.17476E+12	10455207093

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 175595509527 + 32684184952 = 208279694480 \text{ mm}^4$$

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

$$= -15541222.75 / 170042.06 = -91.396 \text{ mm}$$

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

$$= 208279694480 - 170042.06 \times (-91.396)^2 = 206,859,283,526 \text{ mm}^4 = 0.207 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2537 / 2 + 18 - (-91.396) = 1377.896 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1377.896 - 2575 = -1197.104 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 6,165,072 \text{ mm}^2$$

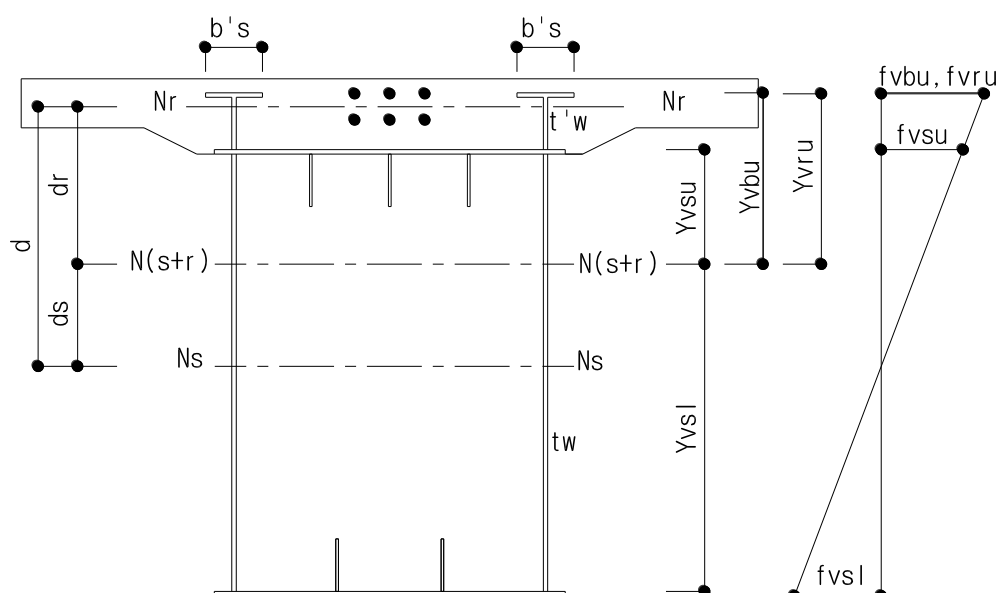
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -107.508 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 93.402 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$u = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 22.169 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 170042.06 + 35398.34402 = 205,440.4 \text{ mm}^2$$

$$d = \frac{H/2 - \delta s + th + tcl + (tc - tcu - tcl) \cdot \frac{Aru}{Ar}}{2 - \frac{-91.396}{280} + \frac{0}{60} + \frac{40}{40}} \times \frac{17699.17201}{35398.344} = 1489.896 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1233.180 \text{ mm}$$

$$ds = d - dr = 256.716 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 271,897,040,097 \text{ mm}^4 = 0.272 \text{ m}^4$$

$$F_v = b * h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) * (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 6,207,282 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1323.180 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = dr - (tc - tcu - tcl) \cdot Aru / Ar = 1143.180 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = \frac{0.000}{\text{mm}}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 1121.180 \text{ mm}$$

$$Y_{vsI} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1453.820 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -24.254 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vr} = M_{sc} \cdot Y_{vr} / I_{v33} = \underline{-20.955} \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)}$$

$f_{vbu} = 0.000$ Mpa : biuep F.L

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = \underline{-20.552} \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 26.649 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{U} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_1) = \underline{8.713} \quad \text{Mpa}$$

(3) **활하중 응력산정**

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -50.144 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vr11} = M_v \cdot Y_{vr1} / I_{v33} = -43.323 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$f_{vbu1} = 0.000$ Mpa : biuep F.L

$$\underline{f_{vsu1}} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = \underline{-42.489} \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vs11} = M_v \cdot Y_{vs1} / I_{v33} = 55.095 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}$$

$$\underline{u} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = \underline{24.293} \quad \text{Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -1.756 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.517 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

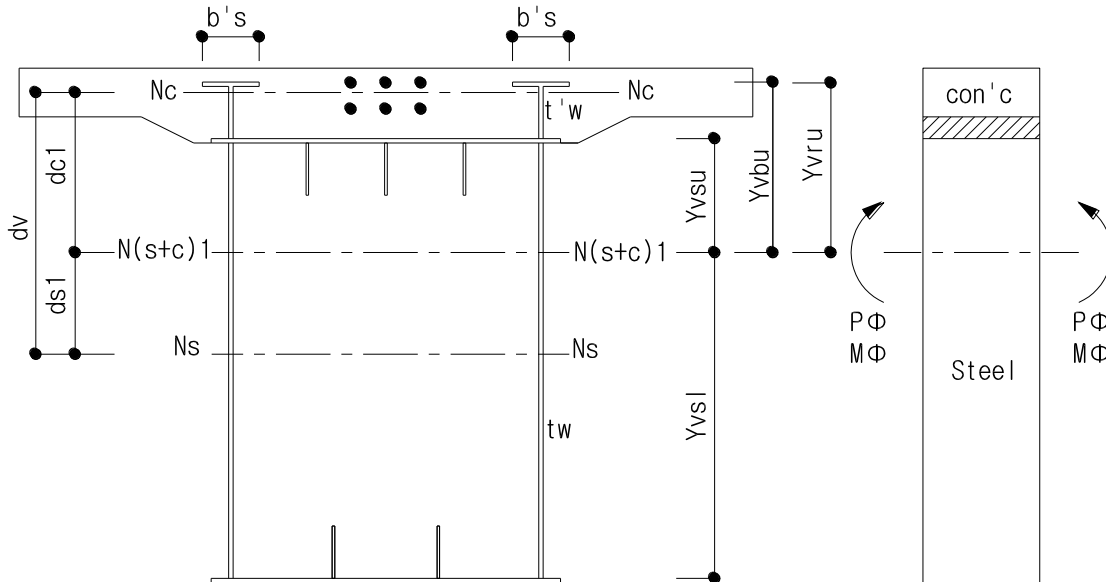
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.488 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 1.929 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.864 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 5715.3 \times 280 = 1600286.800 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 170042.06 + 1600286.800 / 8 = 370077.91 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta s + t_h + t_c / 2 = 2537 / 2 - 91.396 + 0.0 + 280 / 2 = 1499.9 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\ = 1499.9 \times 170042.06 / (1600286.8 / 8 + 170042.06) = 689.2 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 1499.9 - 689.2 = 810.7 \text{ mm}$$

$$n1 = n \times (1 + \Phi1 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi1) = 2.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.6} \\ = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 170042.06 + 1600286.800 / 16 = 270059.985 \text{ mm}^2$$

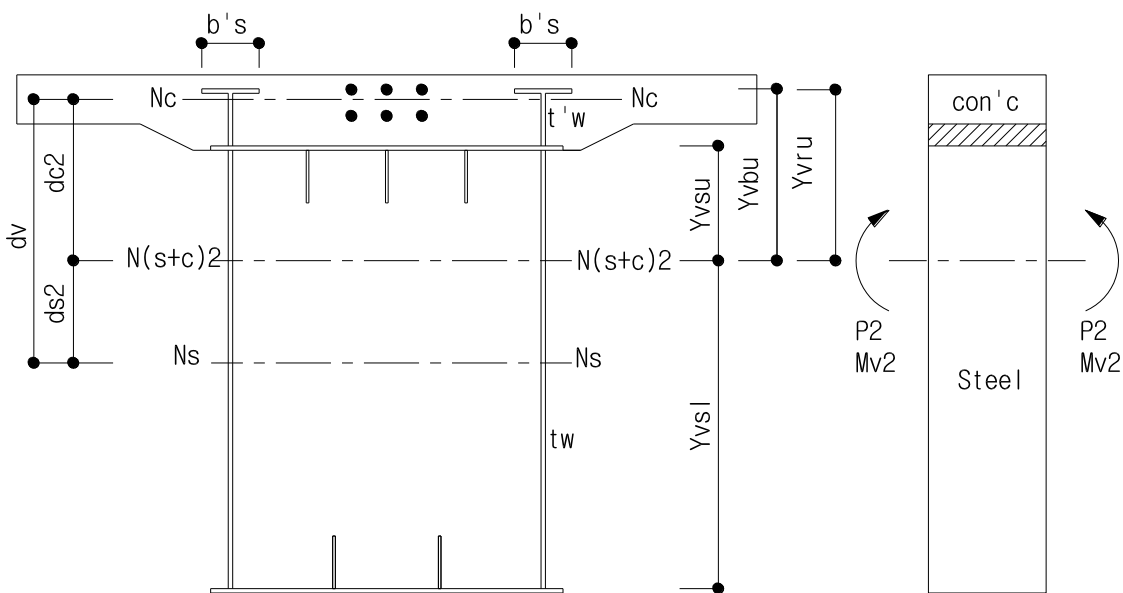
$$k = -0.086 \quad : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\ = 1499.896 \times 170042 / (1600287 / 16 + 170042.06) = 944.4 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1499.9 - 944.4 = 555.5 \text{ mm}$$

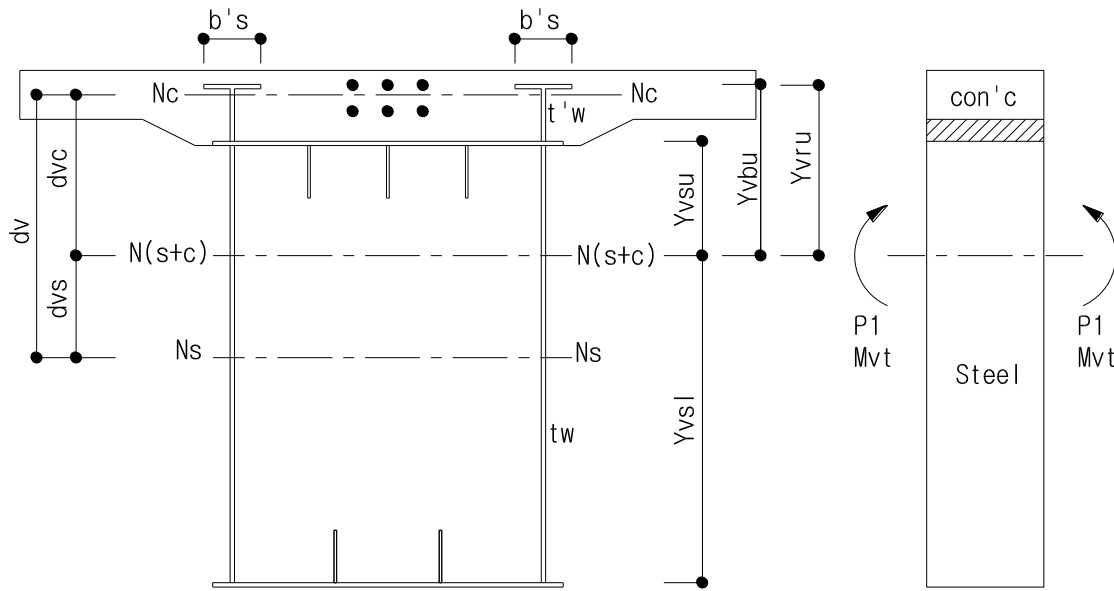
$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 206,859,283,526 + 10455207093 / 16 + 170042.06 \times \\
&\quad 810.73^2 + (1600287 / 16) \times 689.167^2 = 366,781,967,118 \text{ mm}^4 = 0.367 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -1873255.834 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -1873255.834 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -1769108459 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -8.381 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -8.481 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -8.493 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -9.929 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 236720.677 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1499.896 \times 170042 / (1600287 / 24 + 170042.06) = 1077.411 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 422.485 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3690661.433 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot d_{c2} = 3976359276 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 16.307 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 16.533 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 16.560 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 19.786 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\varepsilon t = \alpha \times t \quad : \text{온도변화}(t) = 10$$

$$= 0.000012 \times 10$$

$$P1 = E_s \times \varepsilon t \times A_c / n$$

$$Mvt = P1 \times dvc$$

$$Ert = E_s \times \varepsilon t$$

$$fvru5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvru / Iv33 - Ert$$

$$fvrl5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvrl / Iv33 - Ert$$

$$fvbu5 =$$

$$fvsu5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / Iv33$$

$$fvsl5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvsl / Iv33$$

---- 도.설 2.1.12

$$= 0.00012$$

$$= 4920882 \quad N$$

$$= 3391309174 \quad N$$

$$= 25 \quad Mpa$$

$$= -2.061 \quad Mpa \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$= -1.869 \quad Mpa \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$= 0.000 \quad Mpa \quad : \text{bluep F.L}$$

$$= 22.755 \quad Mpa \quad : \text{상연(강재)}$$

$$= 25.506 \quad Mpa \quad : \text{하연(강재)}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 55.175 \quad Mpa$$

$$ua = 125 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 32.746 \quad Mpa$$

$$ua = 150 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 56.107 \quad Mpa$$

$$ua = 156.25 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 3)^2 + 0.13 \times (0.0 / 3) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f1 - f2) / f1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$

= $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (20 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$ = 229.100 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b2' \}^2$

= $220000 \times \{ (20 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2$ = 550.000 MPa

t_l = 20 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력

---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연				상연	하연	상연	하연
1				0.000	215.000	-107.508	93.402	215.000	215.000
1+2+3	-74.399	-64.278	160.000	0.000	215.000	-170.549	175.146	215.000	215.000
1+2+3+5	-82.779	-72.759	160.000	0.000	215.000	-179.043	165.218	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-66.472	-56.226	160.000	0.000	215.000	-162.482	185.004	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-68.533	-58.095	184.000	0.000	247.250	-139.727	210.510	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-64.412	-54.358	184.000	0.000	247.250	-185.237	159.498	247.250	247.250
1+2+4	-26.010	-22.472	192.000	0.000	258.000	-129.548	121.980	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-75.277	-65.036	200.000	0.000	268.750	-171.293	176.111	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-83.657	-73.517	200.000	0.000	268.750	-179.786	166.183	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-67.350	-56.985	200.000	0.000	268.750	-163.226	185.968	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-69.411	-58.853	216.000	0.000	290.250	-140.471	211.474	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-65.289	-55.116	216.000	0.000	290.250	-185.981	160.462	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검 토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	50.0%	43.4%	OK	OK
1+2+3	46.5%	40.2%	OK	OK	0.0%	OK	79.3%	81.5%	OK	OK
1+2+3+5	51.7%	45.5%	OK	OK	0.0%	OK	83.3%	76.8%	OK	OK
1+2+3+5+6	41.5%	35.1%	OK	OK	0.0%	OK	75.6%	86.0%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	37.2%	31.6%	OK	OK	0.0%	OK	56.5%	85.1%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	35.0%	29.5%	OK	OK	0.0%	OK	74.9%	64.5%	OK	OK
1+2+4	13.5%	11.7%	OK	OK	0.0%	OK	50.2%	47.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	37.6%	32.5%	OK	OK	0.0%	OK	63.7%	65.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	41.8%	36.8%	OK	OK	0.0%	OK	66.9%	61.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	33.7%	28.5%	OK	OK	0.0%	OK	60.7%	69.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	32.1%	27.2%	OK	OK	0.0%	OK	48.4%	72.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	30.2%	25.5%	OK	OK	0.0%	OK	64.1%	55.3%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.250	0.189	0.195	0.195	0.445	0.384	OK	OK
1+2+3	0.629	0.664	0.195	0.195	0.824	0.858	OK	OK
1+2+3+5	0.693	0.591	0.195	0.195	0.888	0.785	OK	OK
1+2+3+5+6	0.571	0.740	0.195	0.195	0.766	0.935	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.319	0.725	0.195	0.195	0.514	0.920	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.561	0.416	0.195	0.195	0.756	0.611	OK	OK
1+2+4	0.252	0.224	0.048	0.048	0.300	0.271	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.406	0.429	0.129	0.129	0.535	0.558	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.448	0.382	0.129	0.129	0.576	0.511	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.369	0.479	0.129	0.129	0.498	0.608	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.234	0.531	0.129	0.129	0.363	0.660	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.411	0.306	0.129	0.129	0.540	0.435	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-179.043}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{55.175}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.693 + 0.195 = 0.888 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{185.004}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{55.175}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.740 + 0.195 = 0.935 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 2 단
 $t_{min} = H / (291 \times 1.200) = 2537 / (291 \times 1.20) = 7.27 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 93.4} = 1.517 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

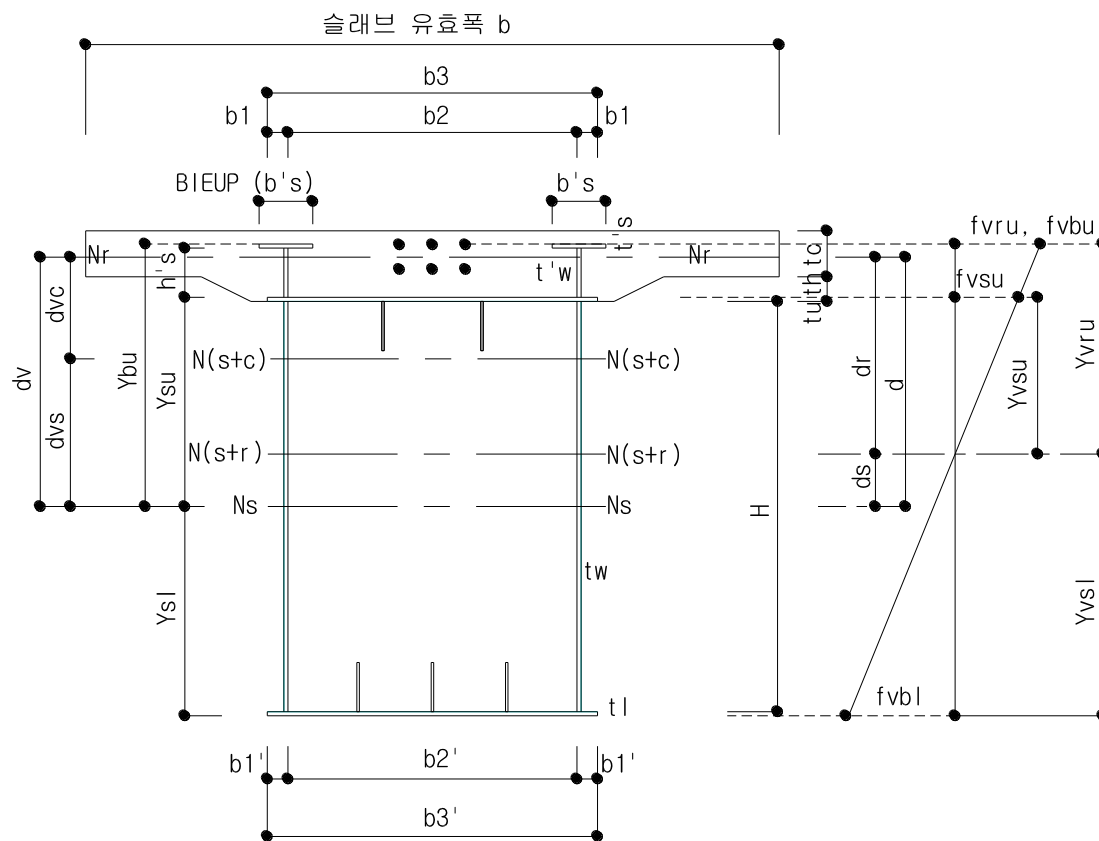
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-139.761	121.423	355.000	OK	OK
1+2+3	-139.341	-120.386	240.000	OK	0.000	-257.830	274.521	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-141.402	-122.254	240.000	OK	0.000	-280.585	300.027	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-147.722	-128.867	240.000	OK	0.000	-266.323	264.593	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-131.415	-112.334	240.000	OK	0.000	-249.763	284.379	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-133.476	-114.203	240.000	OK	0.000	-227.008	309.885	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-129.354	-110.466	240.000	OK	0.000	-272.518	258.873	355.000	OK	OK
1+2+4	-33.286	-28.758	240.000	OK	0.000	-167.966	157.996	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-140.219	-121.144	240.000	OK	0.000	-258.574	275.486	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-142.280	-123.013	240.000	OK	0.000	-235.819	300.992	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-148.600	-129.625	240.000	OK	0.000	-267.067	265.557	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-132.293	-113.093	240.000	OK	0.000	-250.507	285.343	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-134.353	-114.961	240.000	OK	0.000	-227.752	310.849	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-130.232	-111.224	240.000	OK	0.000	-273.262	259.837	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : SPLICE - 5] : 절점 11 로 부터 이격거리 4.369 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	5612.5	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2492.5	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2492.5	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2537	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수 $\phi 1$ 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-15812.524
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-4880.654
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-367.837
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-9663.174
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1387.423
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-488.452
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-75.971
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-1030.288
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-522.939
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-280.272
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-42.378
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-1418.357
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

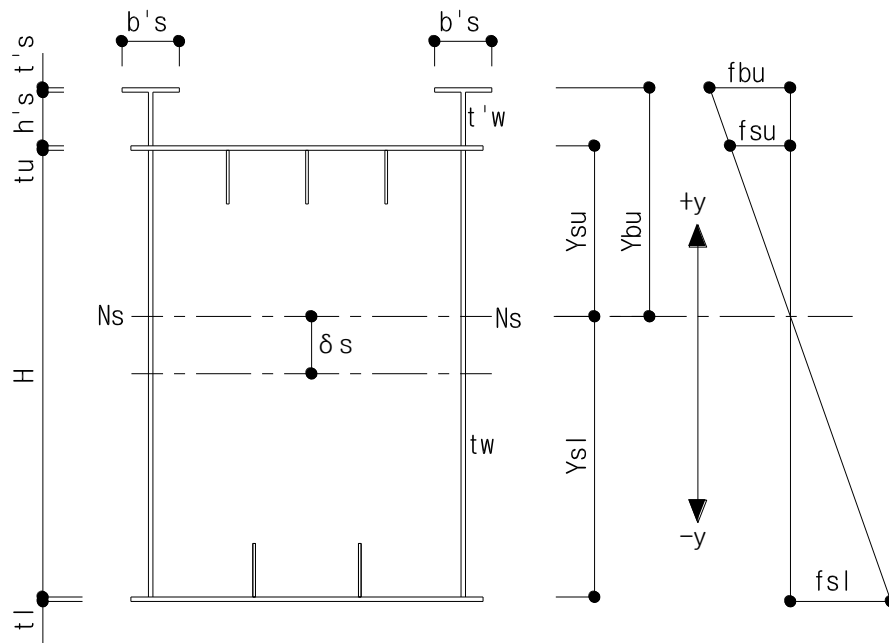
합성전 고정하중 : 강재 자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽 자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2493	X 18	44865.4	1277.5	57315497	73220547929	1211364.72
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1208.5	3480480	4206160080	3456000
Bieup FL.	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0	0	0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0	0	0	0	0	0
WEB	2	;	2537	X 12	60888	0	0	0	32658136306
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1193.5	-12531750	14956643625	19687500
Lower FL.	1	;	2493	X 20	49850.4	-1278.5	-63733736	81483581987	1661680
TOTAL					168983.8		-15469509	1.73867E+11	32684152851
상부철근					17380.852	1488.5	25871398	38509576082	
하부철근					17380.852	1308.5	22742845	29759012366	
철근합계					34761.704		48614243	68268588448	
바닥판	1	;	5613	X 280	1571505.60	1408.5	2.213E+09	3.11767E+12	10267169920

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 173866933621 + 32684152851 = 206551086472 \text{ mm}^4$$

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

$$= -15469509 / 168983.76 = -91.544 \text{ mm}$$

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

$$= 206551086472 - 168983.76 \times (-91.544)^2 = 205,134,940,277 \text{ mm}^4 = 0.205 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2537 / 2 + 18 - (-91.544) = 1378.044 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1378.044 - 2575 = -1196.956 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 6,165,072 \text{ mm}^2$$

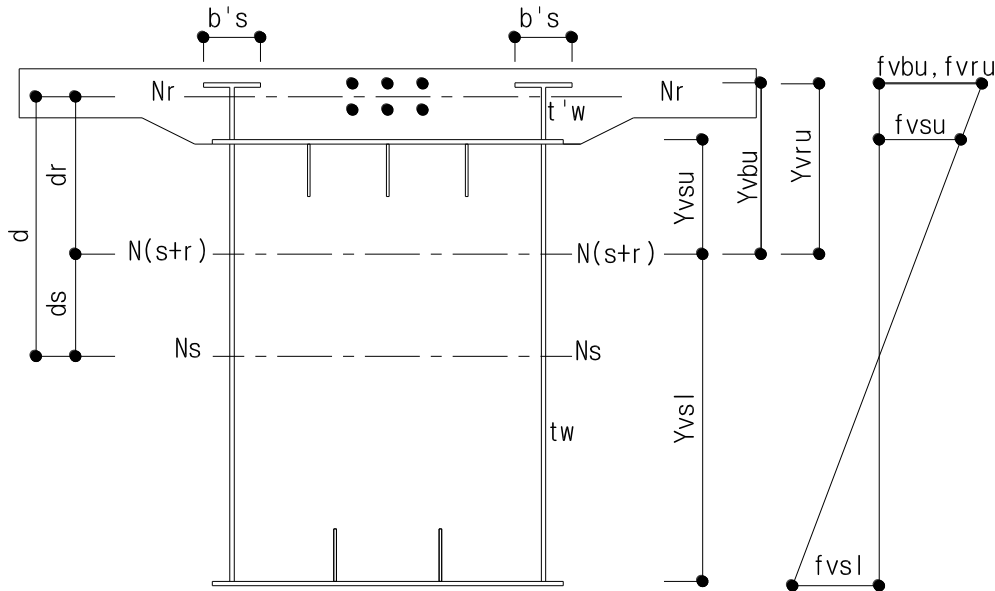
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -106.225 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 92.266 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$u = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 26.321 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 168983.76 + 34761.70387 = 203,745.5 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + t_h + t_{cl} + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r$$

$$= 2537 / 2 - 91.544 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 17380.85194 / 34761.704 = 1490.044 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1235.823 \text{ mm}$$

$$d_s = d - d_r = 254.222 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 269,146,213,873 \text{ mm}^4 = 0.269 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \cdot h \cdot ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \cdot (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 6,207,282 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1325.823 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = d_r - (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1145.823 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 1123.823 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1451.177 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -24.042 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -20.778 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -20.379 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 26.315 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 9.903 \text{ Mpa}$$

(3) 활하중 응력산정

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -47.601 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl1} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -41.139 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu1} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu1} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -40.349 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl1} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 52.102 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 26.442 \text{ Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -1.812 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.566 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

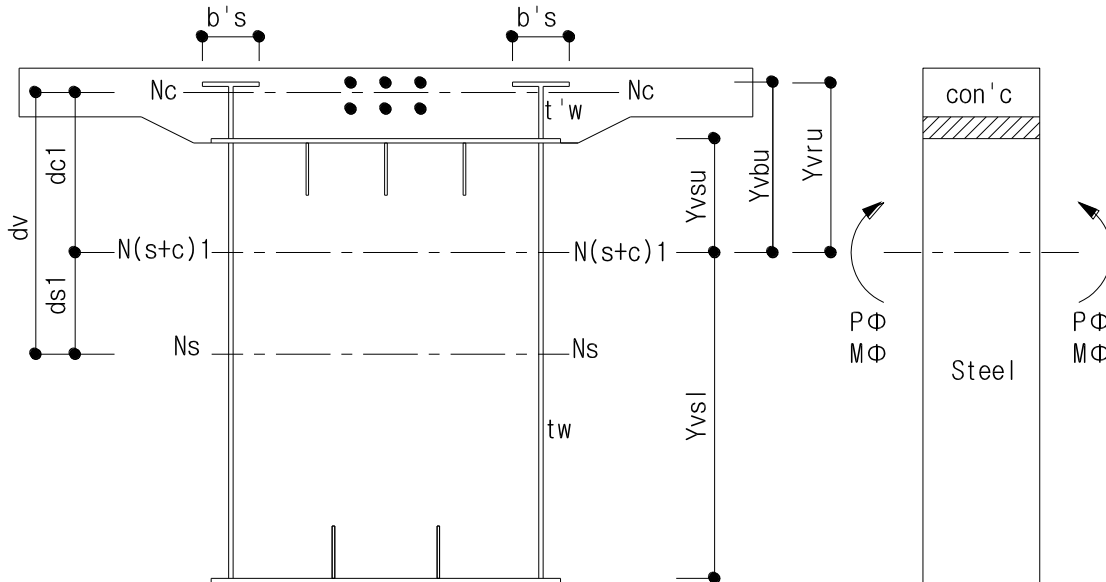
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.536 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 1.983 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.532 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 5612.5 \times 280 = 1571505.600 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 168983.76 + 1571505.600 / 8 = 365421.96 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta s + t_h + t_c / 2 = 2537 / 2 - 91.544 + 0.0 + 280 / 2 = 1500.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1500.0 \times 168983.76 / (1571505.6 / 8 + 168983.76) = 693.7 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 1500.0 - 693.7 = 806.4 \text{ mm}$$

$$n1 = n \times (1 + \phi1 / 2) : \text{크리프계수}(\phi1) = 2.0 \text{ ---- 도.설 3.9.2.6} = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 168983.76 + 1571505.600 / 16 = 267202.86 \text{ mm}^2$$

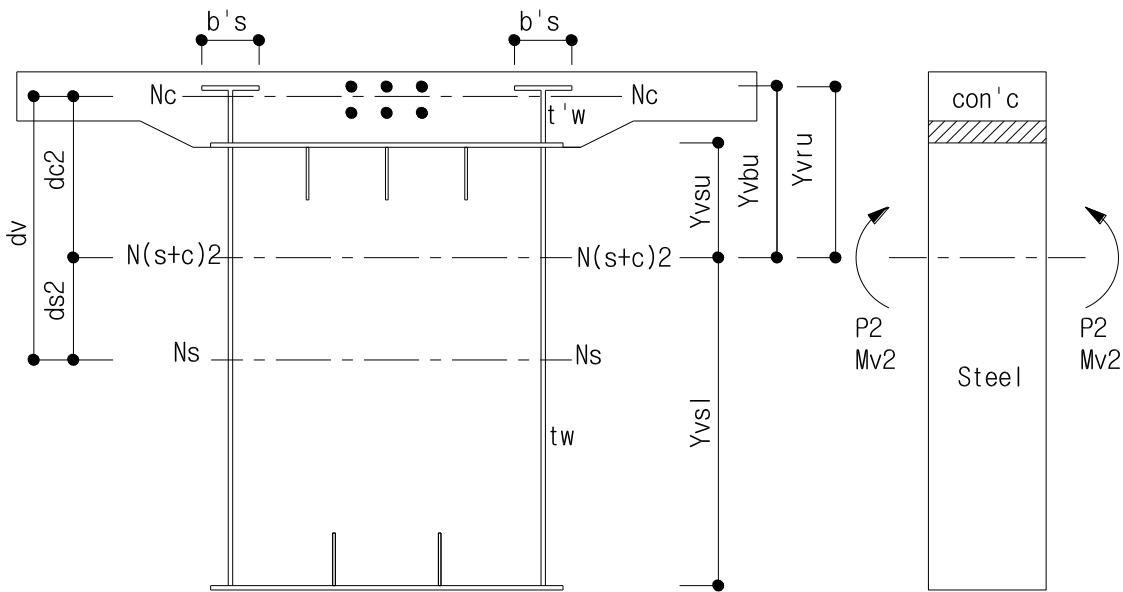
$$k = -0.191 : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1500.044 \times 168984 / (1571506 / 16 + 168983.76) = 948.7 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1500.0 - 948.7 = 551.4 \text{ mm}$$

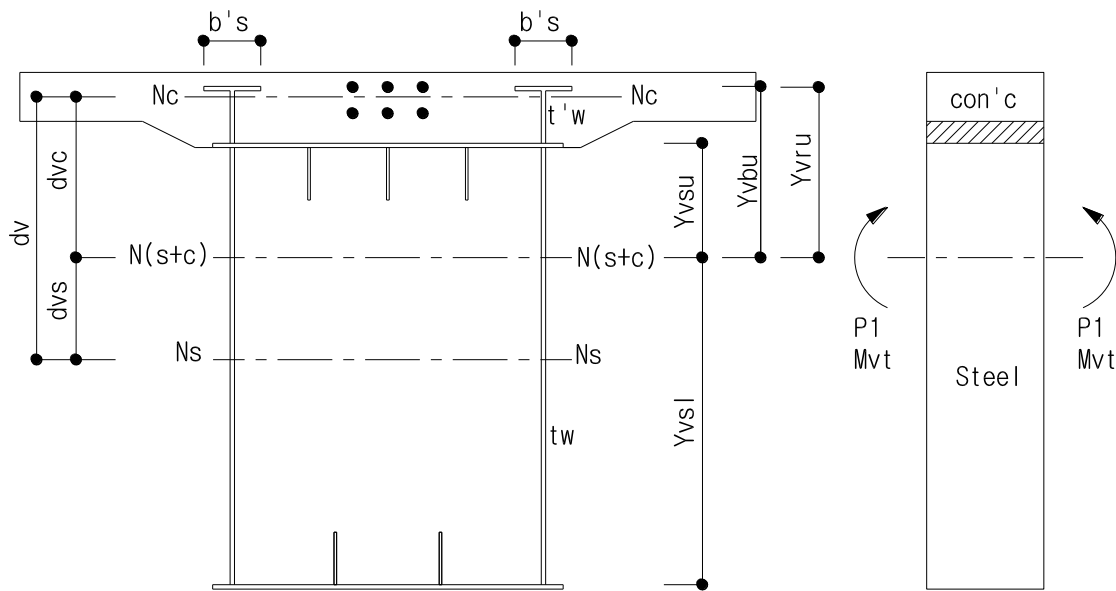
$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 205,134,940,277 + 10267169920 / 16 + 168983.76 \times 806.37^2 + (1571506 / 16) \times 693.672^2 = 362,917,117,705 \text{ mm}^4 = 0.363 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -1832529.251 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -1832529.251 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -1738436705 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -7.358 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -7.581 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -7.608 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -10.785 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 168983.76 + 1571506 / 24 = 234463.160 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1500.044 \times 168984 / (1571506 / 24 + 168983.76) = 1081.121 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 1500.044 - 1081.121 = 418.923 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3624284.79 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3918291772 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 14.101 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 14.602 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 14.663 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 21.824 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\varepsilon t = \alpha \times t \quad : \text{온도변화}(t) = 10$$

$$= 0.000012 \times 10$$

$$P1 = Es \times \varepsilon t \times Ac / n$$

$$Mvt = P1 \times dvc$$

$$Ert = Es \times \varepsilon t$$

$$fvru5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvru / Iv33 - Ert$$

$$fvr15 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvr1 / Iv33 - Ert$$

$$fvbu5 =$$

$$fvsu5 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / Iv33$$

$$fvs15 = P1 / Av + k \cdot Mvt \cdot Yvs1 / Iv33$$

---- 도.설 2.1.12

$$= 0.00012$$

$$= 4832380 \quad N$$

$$= 3352088530 \quad N$$

$$= 25 \quad Mpa$$

$$= -4.036 \quad Mpa \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$= -3.608 \quad Mpa \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$= 0.000 \quad Mpa \quad : \text{bluep F.L}$$

$$= 21.044 \quad Mpa \quad : \text{상연(강재)}$$

$$= 27.170 \quad Mpa \quad : \text{하연(강재)}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 62.666 \quad Mpa$$

$$ua = 125 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 37.756 \quad Mpa$$

$$ua = 150 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 63.432 \quad Mpa$$

$$ua = 156.25 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 3)^2 + 0.13 \times (0.0 / 3) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f1 - f2) / f1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용 ----- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$
 = $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (20 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$
 = 229.100 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b2' \}^2$
 = $220000 \times \{ (20 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 550.000$ MPa

t_l = 20 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력 ----- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연				상연	하연	상연	하연
1				0.000	215.000	-106.225	92.266	215.000	215.000
1+2+3	-71.643	-61.917	160.000	0.000	215.000	-166.952	170.683	215.000	215.000
1+2+3+5	-79.002	-69.497	160.000	0.000	215.000	-174.560	159.898	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-64.900	-54.895	160.000	0.000	215.000	-159.897	181.722	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-68.937	-58.503	184.000	0.000	247.250	-138.853	208.892	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-60.864	-51.287	184.000	0.000	247.250	-180.941	154.552	247.250	247.250
1+2+4	-25.854	-22.344	192.000	0.000	258.000	-128.140	120.564	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-72.549	-62.700	200.000	0.000	268.750	-167.720	171.674	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-79.908	-70.280	200.000	0.000	268.750	-175.328	160.890	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-65.806	-55.678	200.000	0.000	268.750	-160.665	182.713	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-69.843	-59.286	216.000	0.000	290.250	-139.621	209.883	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-61.770	-52.070	216.000	0.000	290.250	-181.709	155.543	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /
 4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력
 *** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검 토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	49.4%	42.9%	OK	OK
1+2+3	44.8%	38.7%	OK	OK	0.0%	OK	77.7%	79.4%	OK	OK
1+2+3+5	49.4%	43.4%	OK	OK	0.0%	OK	81.2%	74.4%	OK	OK
1+2+3+5+6	40.6%	34.3%	OK	OK	0.0%	OK	74.4%	84.5%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	37.5%	31.8%	OK	OK	0.0%	OK	56.2%	84.5%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	33.1%	27.9%	OK	OK	0.0%	OK	73.2%	62.5%	OK	OK
1+2+4	13.5%	11.6%	OK	OK	0.0%	OK	49.7%	46.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	36.3%	31.3%	OK	OK	0.0%	OK	62.4%	63.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	40.0%	35.1%	OK	OK	0.0%	OK	65.2%	59.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	32.9%	27.8%	OK	OK	0.0%	OK	59.8%	68.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	32.3%	27.4%	OK	OK	0.0%	OK	48.1%	72.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	28.6%	24.1%	OK	OK	0.0%	OK	62.6%	53.6%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.244	0.184	0.251	0.251	0.495	0.435	OK	OK
1+2+3	0.603	0.630	0.251	0.251	0.854	0.882	OK	OK
1+2+3+5	0.659	0.553	0.251	0.251	0.911	0.804	OK	OK
1+2+3+5+6	0.553	0.714	0.251	0.251	0.804	0.966	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.315	0.714	0.251	0.251	0.567	0.965	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.536	0.391	0.251	0.251	0.787	0.642	OK	OK
1+2+4	0.247	0.218	0.063	0.063	0.310	0.282	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.389	0.408	0.165	0.165	0.554	0.573	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.426	0.358	0.165	0.165	0.590	0.523	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.357	0.462	0.165	0.165	0.522	0.627	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.231	0.523	0.165	0.165	0.396	0.688	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.392	0.287	0.165	0.165	0.557	0.452	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-174.560}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{62.666}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.659 + 0.251 = 0.911 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{181.722}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{62.666}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.714 + 0.251 = 0.966 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

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

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad 0.K.!$$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 2 단

$$t_{min} = H / (291 \times 1.200) = 2537 / (291 \times 1.20) = 7.27 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 92.3} = 1.527 > 1.2 \therefore 1.2$ 사용

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

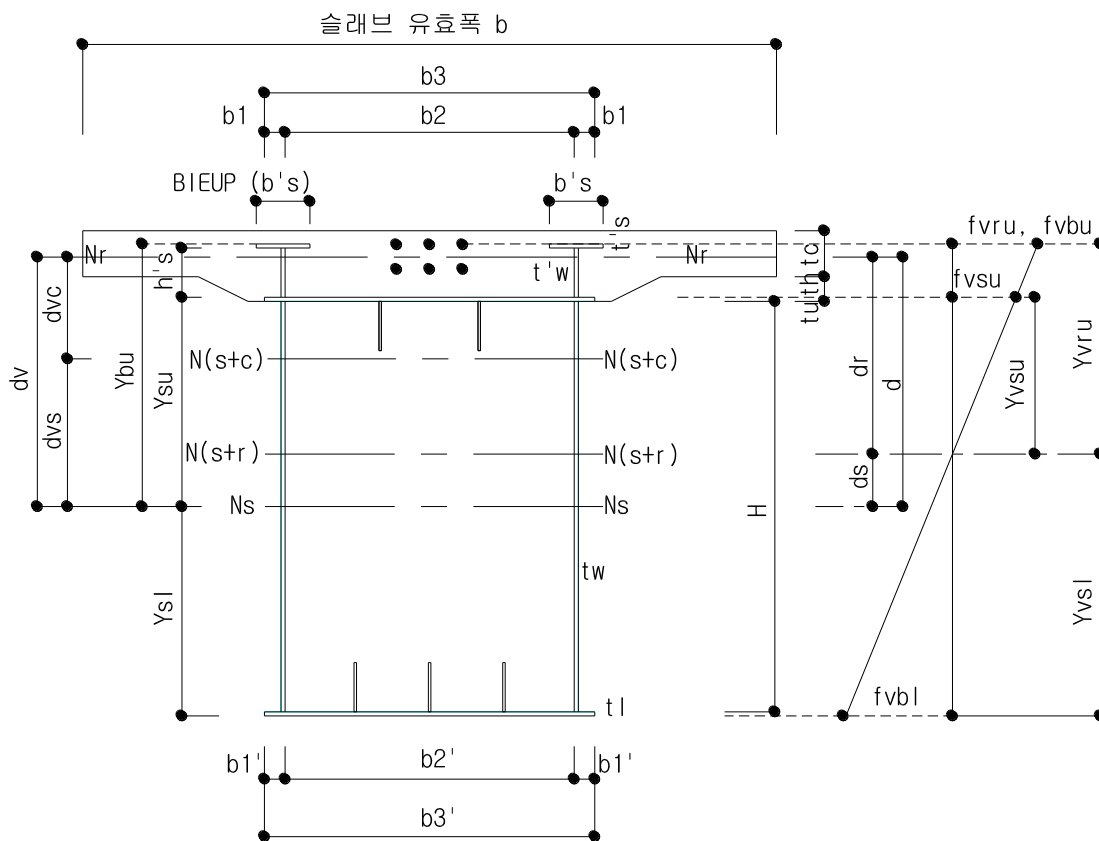
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-138.092	119.945	355.000	OK	OK
1+2+3	-133.597	-115.460	240.000	OK	0.000	-251.335	266.174	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-137.634	-119.068	240.000	OK	0.000	-272.379	293.344	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-140.956	-123.040	240.000	OK	0.000	-258.942	255.389	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-126.854	-108.438	240.000	OK	0.000	-244.279	277.213	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-130.891	-112.046	240.000	OK	0.000	-223.235	304.383	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-122.818	-104.830	240.000	OK	0.000	-265.323	250.043	355.000	OK	OK
1+2+4	-33.067	-28.578	240.000	OK	0.000	-166.121	156.139	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-134.503	-116.242	240.000	OK	0.000	-252.102	267.166	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-138.540	-119.851	240.000	OK	0.000	-231.058	294.336	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-141.862	-123.823	240.000	OK	0.000	-259.710	256.381	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-127.760	-109.221	240.000	OK	0.000	-245.047	278.205	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-131.797	-112.829	240.000	OK	0.000	-224.003	305.375	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-123.724	-105.613	240.000	OK	0.000	-266.091	251.035	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : SPLICE - 10] : 절점 24 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	5612.5	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2492.5	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2492.5	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2537	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리프계수 ϕ_1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-15816.102
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-4881.654
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-365.435
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-9664.009
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1394.585
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	489.593
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	75.578
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	1035.565
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	507.103
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	277.746
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	42.238
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	1408.549
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

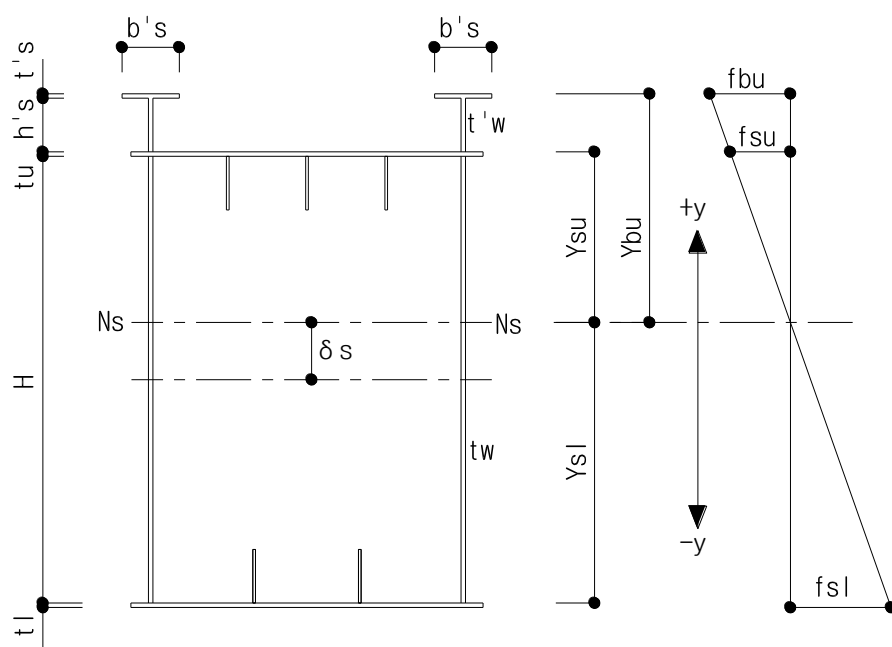
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2493	X 18	44865.2	1277.5	57315267	73220254167	1211359.86
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1208.5	3480480	4206160080	3456000
Bieup FL.	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0		0	0	0	0
WEB	2	;	2537	X 12	60888	0	0	0	32658136306
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1193.5	-12531750	14956643625	19687500
Lower FL.	1	;	2493	X 20	49850.2	-1278.5	-63733481	81483255075	1661673.333
TOTAL					168983.4		-15469483	1.73866E+11	32684152839
상부철근					17380.759	1488.5	25871260	38509370241	
하부철근					17380.759	1308.5	22742723	29758853299	
철근합계					34761.518		48613983	68268223539	
바닥판	1	;	5612	X 280	1571497.20	1408.5	2.213E+09	3.11765E+12	10267115040

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 173866312947 + 32684152839 = 206550465787 \text{ mm}^4$$

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

$$= -15469483.25 / 168983.38 = -91.544 \text{ mm}$$

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

$$= 206550465787 - 168983.38 \times (-91.544)^2 = 205,134,321,122 \text{ mm}^4 = 0.205 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2537 / 2 + 18 - (-91.544) = 1378.044 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1378.044 - 2575 = -1196.956 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 6,165,072 \text{ mm}^2$$

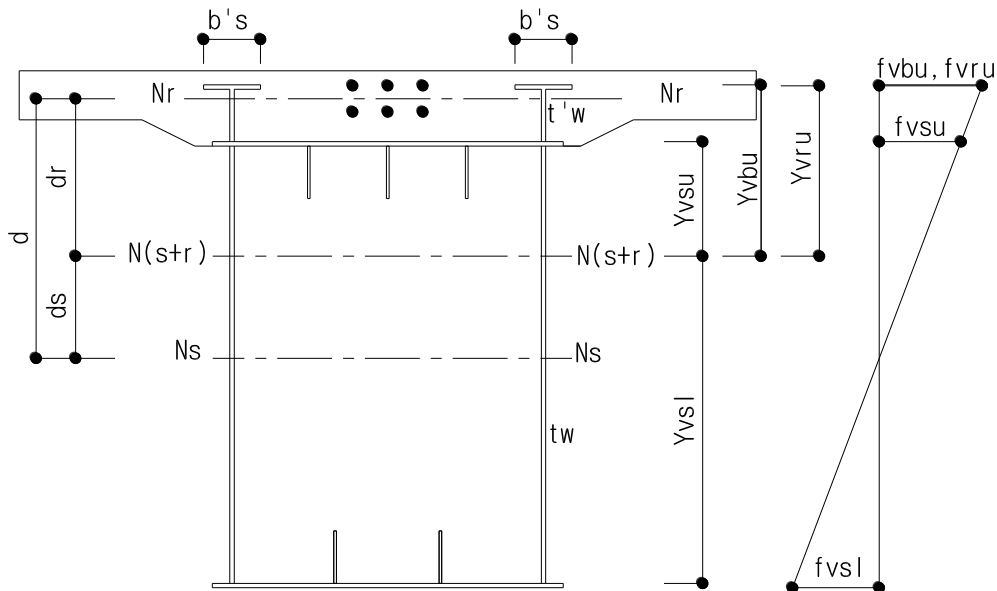
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -106.249 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 92.287 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + Mst / (2 \cdot F \cdot tw) = 26.331 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 168983.38 + 34761.51806 = 203,744.9 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + t_h + t_{cl} + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r$$

$$= 2537 / 2 - 91.544 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 17380.75903 / 34761.518 = 1490.044 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1235.824 \text{ mm}$$

$$d_s = d - d_r = 254.221 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 269,145,290,977 \text{ mm}^4 = 0.269 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \cdot h \cdot ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \cdot (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 6,207,282 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1325.824 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = d_r - (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1145.824 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 1123.824 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1451.176 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -24.047 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -20.783 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -20.383 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 26.321 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 9.905 \text{ Mpa}$$

(3) 활하중 응력산정

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -47.605 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl1} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -41.142 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu1} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu1} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -40.352 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl1} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 52.106 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 26.463 \text{ Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -1.800 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.556 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

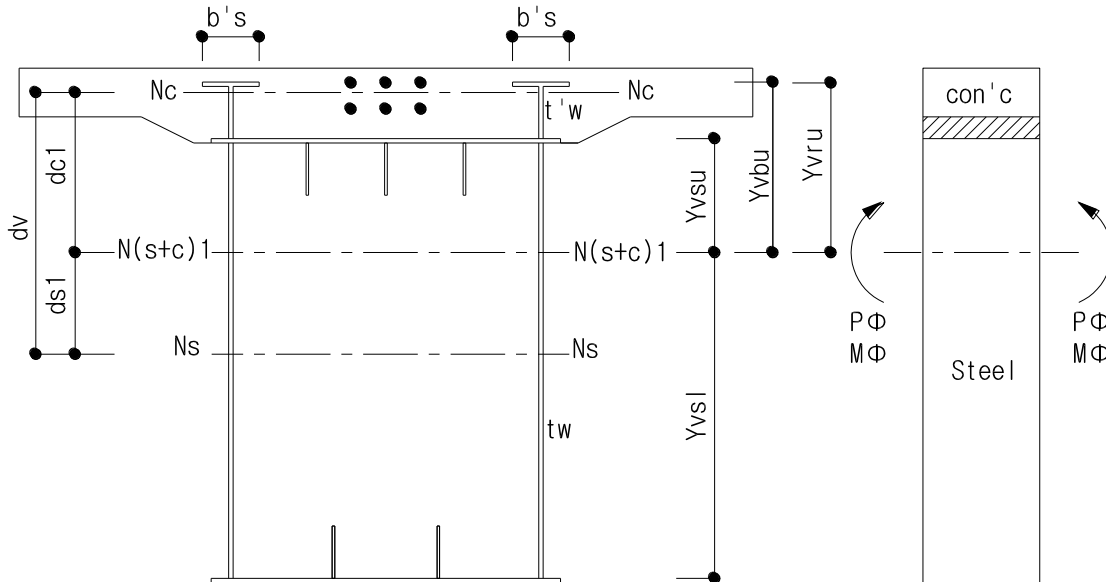
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.526 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 1.970 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.525 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 5612.5 \times 280 = 1571497.200 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 168983.38 + 1571497.200 / 8 = 365420.53 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta s + t_h + t_c / 2 = 2537 / 2 - 91.544 + 0.0 + 280 / 2 = 1500.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1500.0 \times 168983.38 / (1571497.2 / 8 + 168983.38) = 693.7 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 1500.0 - 693.7 = 806.4 \text{ mm}$$

$$n1 = n \times (1 + \phi1 / 2) : \text{크리프계수}(\phi1) = 2.0 \text{ ---- 도.설 3.9.2.6} = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 168983.38 + 1571497.200 / 16 = 267201.955 \text{ mm}^2$$

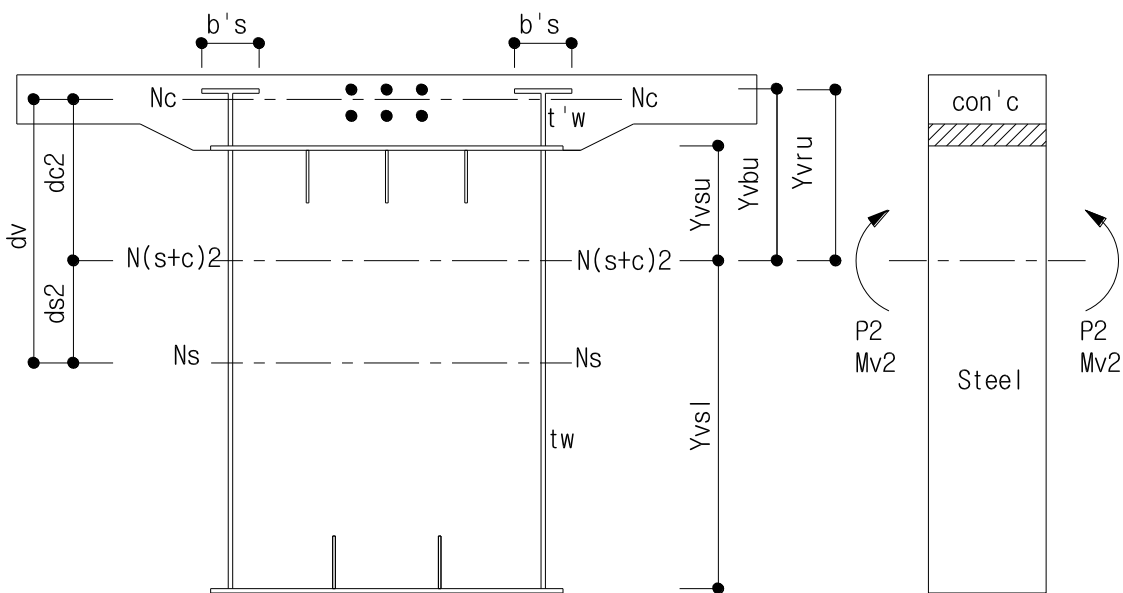
$$k = -0.191 : 2차 부정정력 계수$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1500.044 \times 168983 / (1571497 / 16 + 168983.38) = 948.7 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1500.0 - 948.7 = 551.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 205,134,321,122 + 10267115040 / 16 + 168983.38 \times 806.37^2 + (1571497 / 16) \times 693.674^2 = 362,915,849,277 \text{ mm}^4 = 0.363 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -1832904.381 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -1832904.381 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -1738794614 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -7.360 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -7.582 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -7.609 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -10.787 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 234462.430 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1500.044 \times 168983 / (1571497 / 24 + 168983.38) = 1081.122 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 418.922 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3624265.418 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot d_{c2} = 3918274356 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 14.101 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 14.602 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 14.663 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 21.824 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

= 27.170 Mpa : 하연(강재)

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b_2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b_2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b_2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$
 = $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (20 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$
 = 229.100 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b_2' \}^2$
 = $220000 \times \{ (20 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 550.000$ MPa

t_l = 20 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연				상연	하연	상연	하연
1				0.000	215.000	-106.249	92.287	215.000	215.000
1+2+3	-71.653	-61.925	160.000	0.000	215.000	-166.985	170.714	215.000	215.000
1+2+3+5	-79.013	-69.507	160.000	0.000	215.000	-174.594	159.927	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-64.911	-54.905	160.000	0.000	215.000	-159.931	181.751	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-68.948	-58.513	184.000	0.000	247.250	-138.887	208.921	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-60.875	-51.297	184.000	0.000	247.250	-180.975	154.581	247.250	247.250
1+2+4	-25.847	-22.338	192.000	0.000	258.000	-128.158	120.578	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-72.553	-62.703	200.000	0.000	268.750	-167.748	171.699	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-79.913	-70.285	200.000	0.000	268.750	-175.357	160.912	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-65.811	-55.683	200.000	0.000	268.750	-160.694	182.736	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-69.848	-59.291	216.000	0.000	290.250	-139.650	209.906	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-61.775	-52.075	216.000	0.000	290.250	-181.738	155.566	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /
 4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력
 *** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	49.4%	42.9%	OK	OK
1+2+3	44.8%	38.7%	OK	OK	0.0%	OK	77.7%	79.4%	OK	OK
1+2+3+5	49.4%	43.4%	OK	OK	0.0%	OK	81.2%	74.4%	OK	OK
1+2+3+5+6	40.6%	34.3%	OK	OK	0.0%	OK	74.4%	84.5%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	37.5%	31.8%	OK	OK	0.0%	OK	56.2%	84.5%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	33.1%	27.9%	OK	OK	0.0%	OK	73.2%	62.5%	OK	OK
1+2+4	13.5%	11.6%	OK	OK	0.0%	OK	49.7%	46.7%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	36.3%	31.4%	OK	OK	0.0%	OK	62.4%	63.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	40.0%	35.1%	OK	OK	0.0%	OK	65.2%	59.9%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	32.9%	27.8%	OK	OK	0.0%	OK	59.8%	68.0%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	32.3%	27.4%	OK	OK	0.0%	OK	48.1%	72.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	28.6%	24.1%	OK	OK	0.0%	OK	62.6%	53.6%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.244	0.184	0.252	0.252	0.496	0.436	OK	OK
1+2+3	0.603	0.630	0.252	0.252	0.855	0.882	OK	OK
1+2+3+5	0.659	0.553	0.252	0.252	0.911	0.805	OK	OK
1+2+3+5+6	0.553	0.715	0.252	0.252	0.805	0.966	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.316	0.714	0.252	0.252	0.567	0.966	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.536	0.391	0.252	0.252	0.787	0.642	OK	OK
1+2+4	0.247	0.218	0.063	0.063	0.310	0.282	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.390	0.408	0.165	0.165	0.555	0.573	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.426	0.358	0.165	0.165	0.591	0.523	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.358	0.462	0.165	0.165	0.522	0.627	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.231	0.523	0.165	0.165	0.396	0.688	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.392	0.287	0.165	0.165	0.557	0.452	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-174.594}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{62.699}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.659 + 0.252 = 0.911 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{181.751}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{62.699}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.715 + 0.252 = 0.966 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 2 단
 $t_{min} = H / (291 \times 1.200) = 2537 / (291 \times 1.20) = 7.27 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 92.3} = 1.526 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

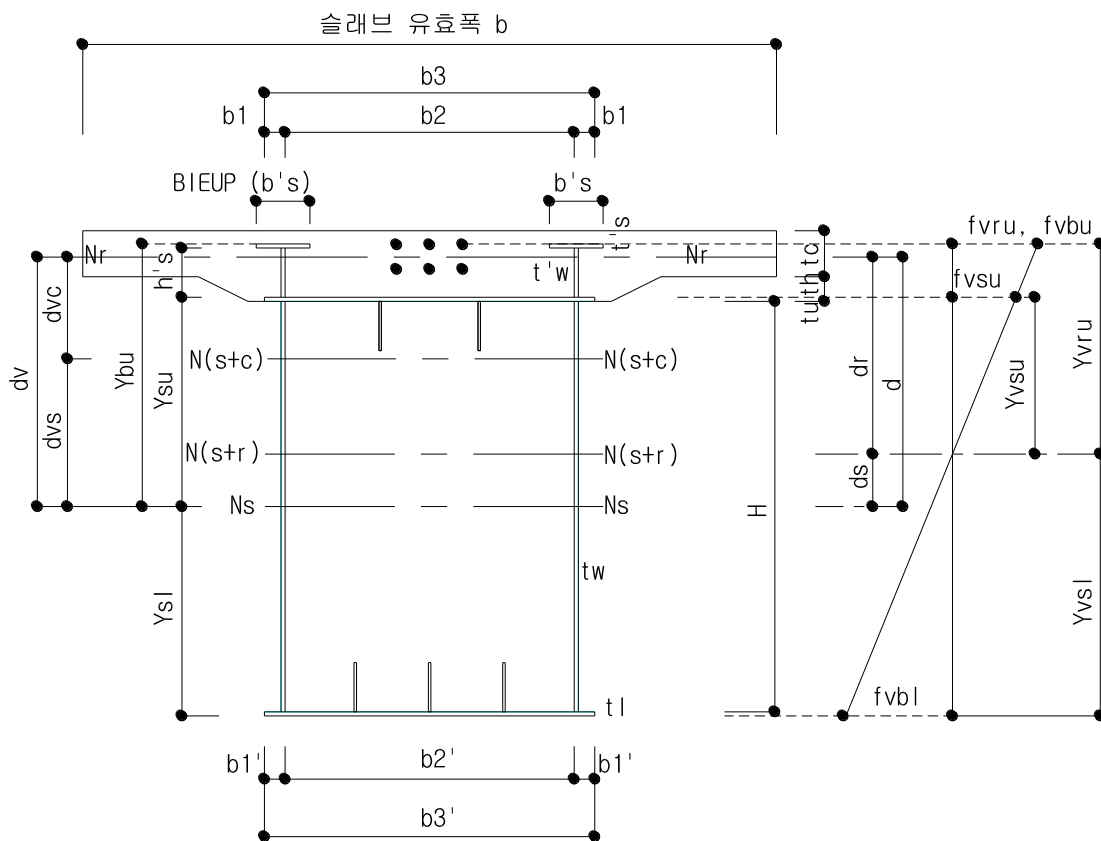
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-138.124	119.973	355.000	OK	OK
1+2+3	-133.613	-115.473	240.000	OK	0.000	-251.380	266.219	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-137.650	-119.081	240.000	OK	0.000	-272.424	293.389	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-140.973	-123.055	240.000	OK	0.000	-258.989	255.432	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-126.872	-108.453	240.000	OK	0.000	-244.326	277.255	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-130.908	-112.062	240.000	OK	0.000	-223.282	304.425	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-122.835	-104.845	240.000	OK	0.000	-265.370	250.085	355.000	OK	OK
1+2+4	-33.062	-28.573	240.000	OK	0.000	-166.148	156.160	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-134.513	-116.251	240.000	OK	0.000	-252.143	267.204	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-138.550	-119.859	240.000	OK	0.000	-231.098	294.374	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-141.873	-123.833	240.000	OK	0.000	-259.752	256.417	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-127.772	-109.231	240.000	OK	0.000	-245.089	278.241	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-131.808	-112.839	240.000	OK	0.000	-224.045	305.411	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-123.735	-105.623	240.000	OK	0.000	-266.133	251.071	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : SPLICE - 11] : 절점 25 로 부터 이격거리 4.369 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	5715.4	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2520.4	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2520.4	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2537	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리프계수 $\phi 1$ 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-16134.218
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-4982.809
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-356.493
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-10304.200
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1322.733
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-466.677
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-78.037
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-983.448
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-62.789
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-155.535
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-85.183
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-1206.735
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

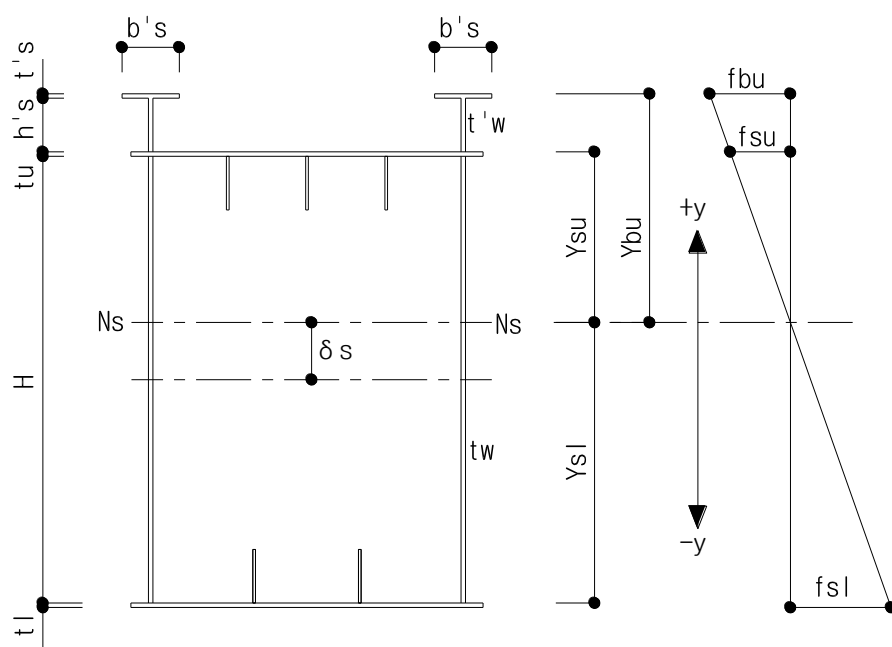
합성전 고정하중 : 강재 자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽 자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2520	X 18	45366.8	1277.5	57956138	74038966423	1224904.68
Upper RIB	2	;	120	X 12	2880	1208.5	3480480	4206160080	3456000
Bieup FL.	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0		0	0	0	0
WEB	2	;	2537	X 12	60888	0	0	0	32658136306
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1193.5	-12531750	14956643625	19687500
Lower FL.	1	;	2520	X 20	50407.6	-1278.5	-64446117	82394360073	1680253.333
TOTAL					170042.4		-15541249	1.75596E+11	32684184964
상부철근					17699.296	1488.5	26345402	39215130754	
하부철근					17699.296	1308.5	23159529	30304243250	
철근합계					35398.592		49504931	69519374004	
바닥판	1	;	5715	X 280	1600298.00	1408.5	2.254E+09	3.17479E+12	10455280267

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 175596130201 + 32684184964 = 208280315165 \text{ mm}^4$$

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

$$= -15541248.5 / 170042.44 = -91.396 \text{ mm}$$

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

$$= 208280315165 - 170042.44 \times (-91.396)^2 = 206,859,902,679 \text{ mm}^4 = 0.207 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + tu - \delta s = 2537 / 2 + 18 - (-91.396) = 1377.896 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + tu + t'l) = 1377.896 - 2575 = -1197.104 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + tu/2 + t'l/2) = 6,165,072 \text{ mm}^2$$

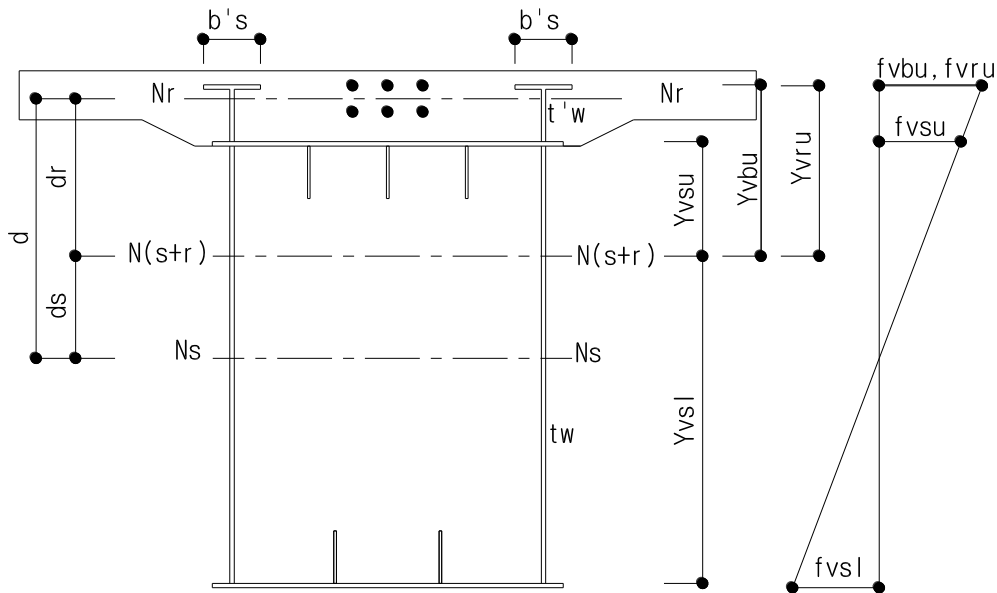
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -107.470 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 93.369 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 22.148 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 170042.44 + 35398.59176 = 205,441.0 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + t_h + t_{cl} + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r$$

$$= 2537 / 2 - 91.396 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 17699.29588 / 35398.592 = 1489.896 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1233.179 \text{ mm}$$

$$d_s = d - d_r = 256.717 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 271,898,056,434 \text{ mm}^4 = 0.272 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \cdot h \cdot ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \cdot (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 6,207,282 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1323.179 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = d_r - (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1143.179 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 1121.179 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1453.821 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -24.249 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -20.950 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -20.547 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 26.643 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 8.709 \text{ Mpa}$$

(3) 활하중 응력산정

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -50.145 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl1} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -43.323 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu1} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu1} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -42.490 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl1} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 55.096 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 24.252 \text{ Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = Mw \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -1.735 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = Mw \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.499 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

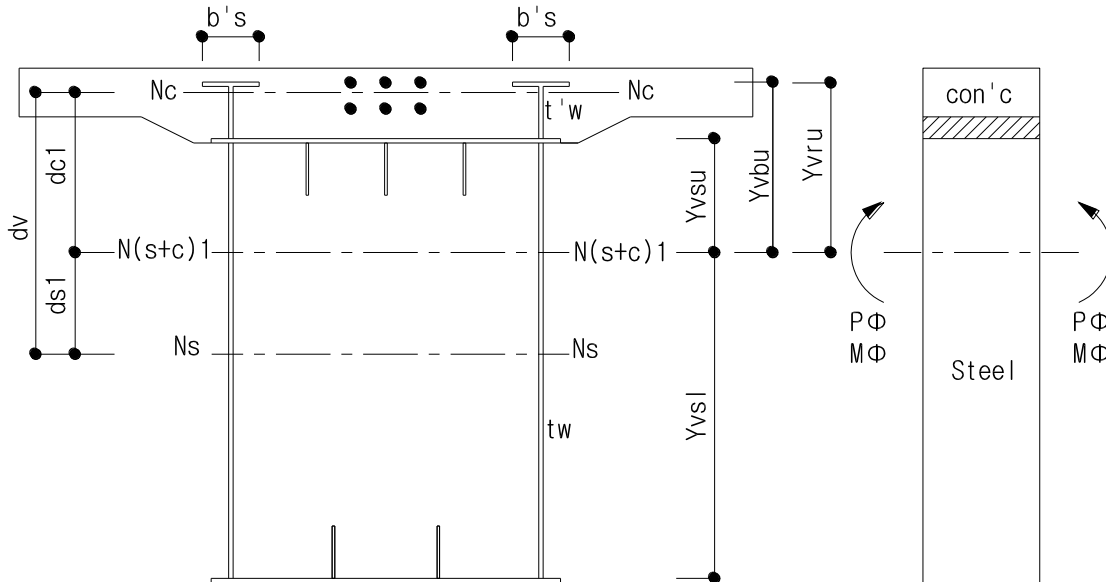
$$f_{vbu2} = Mw \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = Mw \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.470 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = Mw \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 1.906 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = Sw / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1.853 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 5715.4 \times 280 = 1600298.000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 170042.44 + 1600298.000 / 8 = 370079.69 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta s + t_h + t_c / 2 = 2537 / 2 - 91.396 + 0.0 + 280 / 2 = 1499.9 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1499.9 \times 170042.44 / (1600298.0 / 8 + 170042.44) = 689.2 \text{ mm}$$

$$dvs = dv - dvc = 1499.9 - 689.2 = 810.7 \text{ mm}$$

$$n1 = n \times (1 + \phi1 / 2) : \text{크리프계수}(\phi1) = 2.0 \text{ ---- 도.설 3.9.2.6} = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n1 = 170042.44 + 1600298.000 / 16 = 270061.065 \text{ mm}^2$$

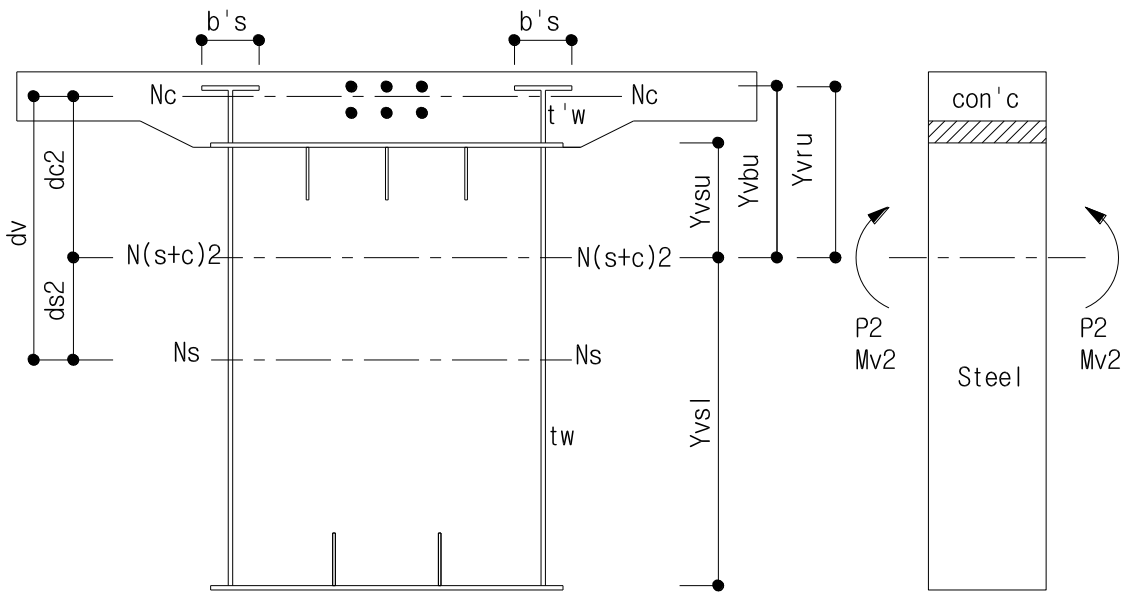
$$k = -0.086 : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc1 = dv \times A_s / (A_c / n1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1499.896 \times 170042 / (1600298 / 16 + 170042.44) = 944.4 \text{ mm}$$

$$ds1 = dv - dc1 = 1499.9 - 944.4 = 555.5 \text{ mm}$$

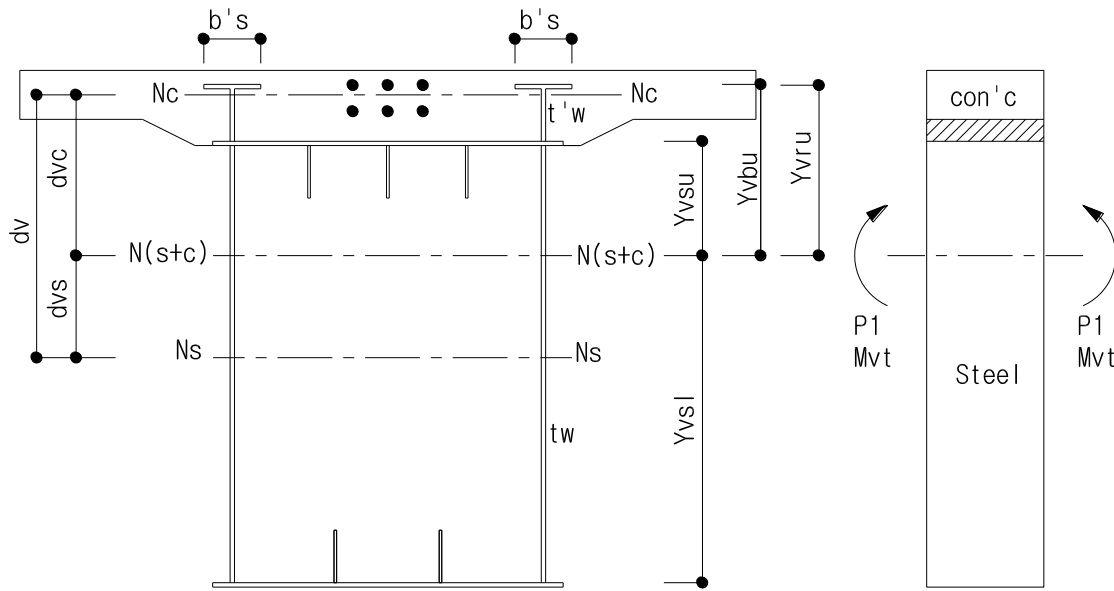
$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 206,859,902,679 + 10455280267 / 16 + 170042.44 \times \\
&\quad 810.73^2 + (1600298 / 16) \times 689.165^2 = 366,783,406,508 \text{ mm}^4 = 0.367 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -1872831.825 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -1872831.825 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -1768704840 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -8.379 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -8.479 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -8.492 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -9.926 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 236721.523 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1499.896 \times 170042 / (1600298 / 24 + 170042.44) = 1077.410 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 422.487 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3690687.263 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot d_{c2} = 3976381630 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 16.308 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 16.533 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 16.561 \text{ Mpa} \quad : \text{상연 (강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot Mv2 \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 19.785 \text{ Mpa} \quad : \text{하연 (강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\varepsilon t = \alpha \times t \quad : \text{온도변화}(t) = 10$$

$$= 0.000012 \times 10$$

$$P1 = E_s \times \varepsilon t \times A_c / n$$

$$Mvt = P1 \times dvc$$

$$Ert = E_s \times \varepsilon t$$

$$fvru5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvru / Iv33 - Ert$$

$$fvr15 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvr1 / Iv33 - Ert$$

$$fvbu5 =$$

$$fvsu5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / Iv33$$

$$fvs15 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvs1 / Iv33$$

---- 도.설 2.1.12

$$= 0.00012$$

$$= 4920916 \quad N$$

$$= 3391324057 \quad N$$

$$= 25 \quad Mpa$$

$$= -2.060 \quad Mpa \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$= -1.868 \quad Mpa \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$= 0.000 \quad Mpa \quad : \text{bluep F.L}$$

$$= 22.756 \quad Mpa \quad : \text{상연(강재)}$$

$$= 25.506 \quad Mpa \quad : \text{하연(강재)}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 55.109 \quad Mpa$$

$$ua = 125 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 32.710 \quad Mpa$$

$$ua = 150 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw + \{Mst/(2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct+Mwt/2+Mvt)/(2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 56.036 \quad Mpa$$

$$ua = 156.25 \quad Mpa \quad \therefore u < ua \quad 0.K.!$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 3)^2 + 0.13 \times (0.0 / 3) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f1 - f2) / f1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$

= $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (20 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$ = 229.100 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b2' \}^2$

= $220000 \times \{ (20 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2$ = 550.000 MPa

t_l = 20 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연				상연	하연	상연	하연
1				0.000	215.000	-107.470	93.369	215.000	215.000
1+2+3	-74.394	-64.273	160.000	0.000	215.000	-170.507	175.108	215.000	215.000
1+2+3+5	-82.773	-72.753	160.000	0.000	215.000	-178.998	165.182	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-66.465	-56.220	160.000	0.000	215.000	-162.438	184.967	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-68.525	-58.088	184.000	0.000	247.250	-139.682	210.473	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-64.405	-54.352	184.000	0.000	247.250	-185.193	159.461	247.250	247.250
1+2+4	-25.983	-22.449	192.000	0.000	258.000	-129.487	121.918	258.000	258.000
1+2+3+(1/2)4	-75.261	-65.023	200.000	0.000	268.750	-171.242	176.061	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5	-83.640	-73.502	200.000	0.000	268.750	-179.733	166.135	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6	-67.332	-56.969	200.000	0.000	268.750	-163.173	185.920	268.750	268.750
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-69.393	-58.837	216.000	0.000	290.250	-140.417	211.426	290.250	290.250
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-65.272	-55.101	216.000	0.000	290.250	-185.928	160.415	290.250	290.250

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검 토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	50.0%	43.4%	OK	OK
1+2+3	46.5%	40.2%	OK	OK	0.0%	OK	79.3%	81.4%	OK	OK
1+2+3+5	51.7%	45.5%	OK	OK	0.0%	OK	83.3%	76.8%	OK	OK
1+2+3+5+6	41.5%	35.1%	OK	OK	0.0%	OK	75.6%	86.0%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	37.2%	31.6%	OK	OK	0.0%	OK	56.5%	85.1%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	35.0%	29.5%	OK	OK	0.0%	OK	74.9%	64.5%	OK	OK
1+2+4	13.5%	11.7%	OK	OK	0.0%	OK	50.2%	47.3%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	37.6%	32.5%	OK	OK	0.0%	OK	63.7%	65.5%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	41.8%	36.8%	OK	OK	0.0%	OK	66.9%	61.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	33.7%	28.5%	OK	OK	0.0%	OK	60.7%	69.2%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	32.1%	27.2%	OK	OK	0.0%	OK	48.4%	72.8%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	30.2%	25.5%	OK	OK	0.0%	OK	64.1%	55.3%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.250	0.189	0.194	0.194	0.444	0.383	OK	OK
1+2+3	0.629	0.663	0.194	0.194	0.823	0.858	OK	OK
1+2+3+5	0.693	0.590	0.194	0.194	0.888	0.785	OK	OK
1+2+3+5+6	0.571	0.740	0.194	0.194	0.765	0.935	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.319	0.725	0.194	0.194	0.514	0.919	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.561	0.416	0.194	0.194	0.755	0.610	OK	OK
1+2+4	0.252	0.223	0.048	0.048	0.299	0.271	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.406	0.429	0.129	0.129	0.535	0.558	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.447	0.382	0.129	0.129	0.576	0.511	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.369	0.479	0.129	0.129	0.497	0.607	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.234	0.531	0.129	0.129	0.363	0.659	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.410	0.305	0.129	0.129	0.539	0.434	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-178.998}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{55.109}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.693 + 0.194 = 0.888 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{184.967}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{55.109}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.740 + 0.194 = 0.935 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L) ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 0 / 16 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 인장(상부) 플랜지 ----- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 3) = 10.00 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad (\text{합성형 스테드 설치}) \quad \text{O.K.}!$

- 압축(하부) 플랜지 ----- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3
 $t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 $t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

- 복부판 ----- 도.설 3.8.4
 * 수평보강재 사용단수 2 단
 $t_{min} = H / (291 \times 1.200) = 2537 / (291 \times 1.20) = 7.27 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$
 여기서, $\sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 93.4} = 1.517 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$

- Bieup Web
 * 수평보강재 사용단수 0 단
 $t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad \text{O.K.}!$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

----- 도.설 3.9.3.2

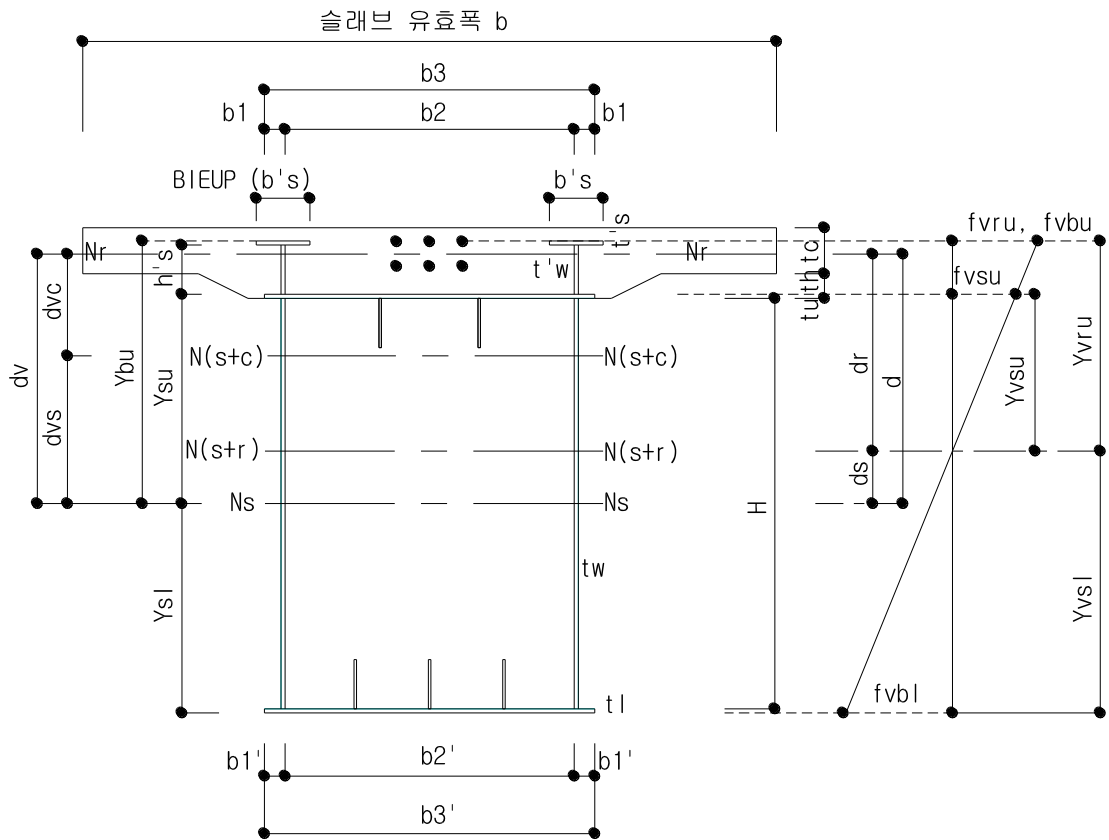
$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-139.711	121.380	355.000	OK	OK
1+2+3	-139.335	-120.380	240.000	OK	0.000	-257.775	274.472	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-141.395	-122.248	240.000	OK	0.000	-280.530	299.977	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-147.714	-128.860	240.000	OK	0.000	-266.266	264.546	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-131.406	-112.326	240.000	OK	0.000	-249.706	284.331	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-133.466	-114.194	240.000	OK	0.000	-226.950	309.837	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-129.346	-110.458	240.000	OK	0.000	-272.461	258.825	355.000	OK	OK
1+2+4	-33.258	-28.734	240.000	OK	0.000	-167.892	157.922	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-140.202	-121.130	240.000	OK	0.000	-258.510	275.425	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-142.262	-122.998	240.000	OK	0.000	-235.754	300.930	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-148.581	-129.609	240.000	OK	0.000	-267.001	265.499	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-132.274	-113.076	240.000	OK	0.000	-250.441	285.284	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-134.334	-114.944	240.000	OK	0.000	-227.685	310.790	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-130.213	-111.208	240.000	OK	0.000	-273.196	259.778	355.000	OK	OK

4.7 단면검토(부모멘트)

[G1 : SPLICE - 12] : 절점 28 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



b	=	6187.3	mm
b1	=	120	mm
b2	=	2400	mm
b3	=	2640.0	mm
b1'	=	120	mm
b2'	=	2400	mm
b3'	=	2640.0	mm
tc	=	280	mm
th	=	0	mm
H	=	2200	mm
n	=	8	mm
h's	=	0	mm
b's	=	0	mm
t's	=	0	mm
t'w	=	0	mm
UL2	=	1200	mm
UR2	=	1200	mm
tw	=	12	mm

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28693.4
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ2 : 건조수축에 의한 크리프계수 Φ1 지속하중 크리프계수 2.0		4
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-2266.892
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-626.531
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	-28.103
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-6295.858
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1020.482
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-308.228
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	-10.675
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-726.770
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-144.675
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-242.241
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-55.313
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	-857.210
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

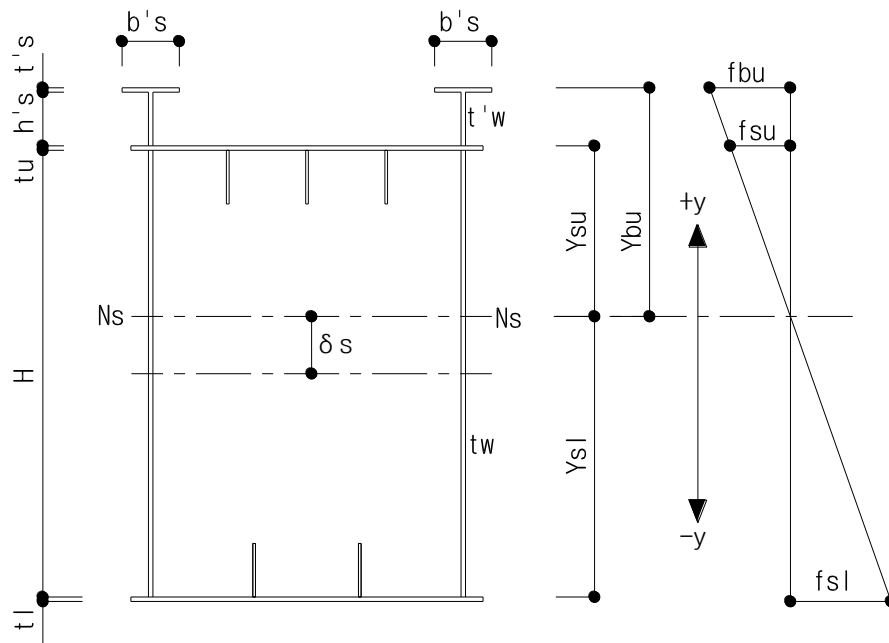
합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판 콘크리트 자중 합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + 포장하중

* 합성전 / 후 단면 물성치 산정(각 부재별 y좌표는 복부의 중심을 기준으로 기술함)

부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
Upper FL.	1	;	2640	X 10	26400.0	1105	29172000	32235060000	220000
Upper RIB	5	;	120	X 12	7200	1040	7488000	7787520000	8640000
Bieup FL.	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	0	X 0		0	0	0	0
Bieup WEB	2	;	-50	X 0		0	0	0	0
WEB	2	;	2200	X 12	52800	0	0	0	21296000000
Lower RIB	5	;	150	X 14	10500	-1025	-10762500	11031562500	19687500
Lower FL.	1	;	2640	X 12	31680.0	-1106	-35038080	38752116480	380160
TOTAL					128580.0		-9140580	89806258980	21324927660
상부철근					19160.769	1320	25292215	33385723390	
하부철근					19160.769	1140	21843276	24901335008	
철근합계					38321.537		47135491	58287058398	
바닥판	1	;	6187	X 280	1732438.40	1240	2.148E+09	2.6638E+12	11318597547

① 응력검토

(1) 합성전 물성치 및 응력산정



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

$$= 89806258980 + 21324927660 = 111131186640 \text{ mm}^4$$

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

$$= -9140580 / 128580 = -71.089 \text{ mm}$$

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

$$= 111131186640 - 128580 \times (-71.089)^2 = 110,481,395,049 \text{ mm}^4 = 0.110 \text{ m}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + t_u - \delta s = 2200 / 2 + 10 - (-71.089) = 1181.089 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + t_u + t_l) = 1181.089 - 2222 = -1040.911 \text{ mm}$$

$$Y_{bu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$F = b \times h = ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + tw) \times (H + t_u/2 + t_l/2) = 5,332,932 \text{ mm}^2$$

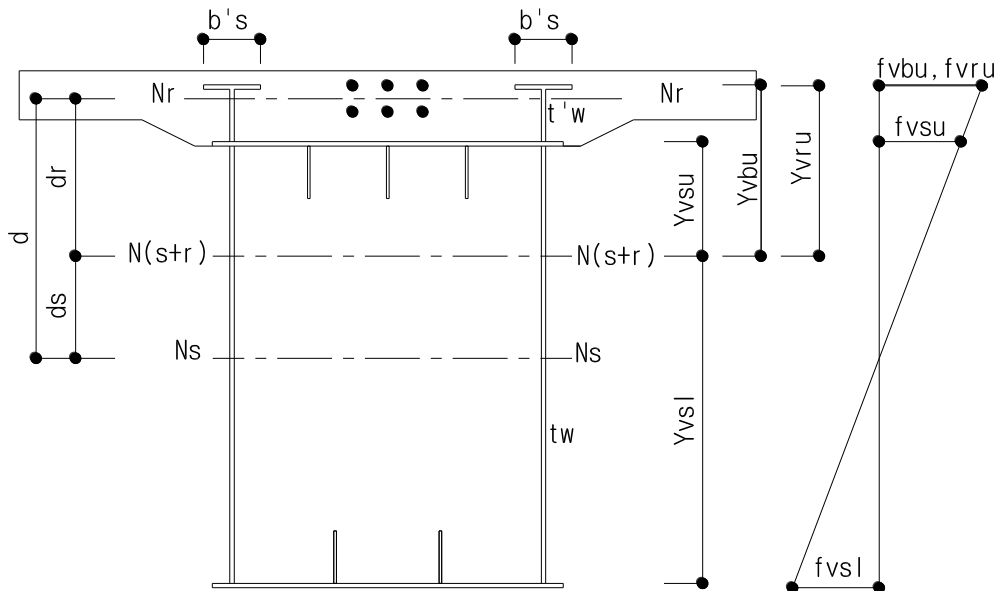
$$f_{bu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bieup F.L}$$

$$f_{su} = Ms \cdot Y_{su} / I_{33} = -24.234 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{sl} = Ms \cdot Y_{sl} / I_{33} = 21.358 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\sigma = S_s / A_{web} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot tw) = 20.458 \text{ Mpa}$$

(2) 합성후 물성치 및 응력산정



$$A_v = A_s + A_r = 128580 + 38321.53741 = 166,901.5 \text{ mm}^2$$

$$d = H/2 - \delta s + t_h + t_{cl} + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r$$

$$= 2200 / 2 - 71.089 + 0 + 40 + (280 - 60 - 40) \times 19160.7687 / 38321.537 = 1301.089 \text{ mm}$$

여기서, A_{ru} 는 상부철근 단면적 A_{rl} 은 하부철근 단면적 이고, A_r 은 철근단면적 합계이다.

$$d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) : \text{철근도심위치에서 단면1차모멘트 산출한다.} = 1002.351 \text{ mm}$$

$$d_s = d - d_r = 298.737 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 160,458,350,081 \text{ mm}^4 = 0.160 \text{ m}^4$$

$$F_v = b \cdot h \cdot ((UL2 + UR2 + b2) / 2 + t_w) \cdot (H + (t_u + t_c/n) / 2 + t_l/2) = 5,375,142 \text{ mm}^2$$

$$Y_{vru} = d_r + (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1092.351 \text{ mm}$$

$$Y_{vrl} = d_r - (t_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 912.351 \text{ mm}$$

$$Y_{vbu} = 0.000 \text{ mm}$$

$$Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - t_h + t_u = 882.351 \text{ mm}$$

$$Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + t_u + t_l) = -1339.649 \text{ mm}$$

$$f_{vru} = M_{sc} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -4.265 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl} = M_{sc} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -3.562 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu} = M_{sc} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -3.445 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl} = M_{sc} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 5.231 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_{sc} / A_{web} + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_l) = 7.715 \text{ Mpa}$$

(3) 활하중 응력산정

$$f_{vru1} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -42.860 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl1} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -35.798 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$f_{vbu1} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{biuep F.L}$$

$$f_{vsu1} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -34.621 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl1} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 52.563 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_v / A_{web} + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 20.409 \text{ Mpa}$$

(4) 풍하중 : 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용.

$$f_{vru2} = M_w \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -0.191 \text{ Mpa} : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$f_{vrl2} = M_w \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -0.160 \text{ Mpa} : \text{하연(RE-BAR)}$$

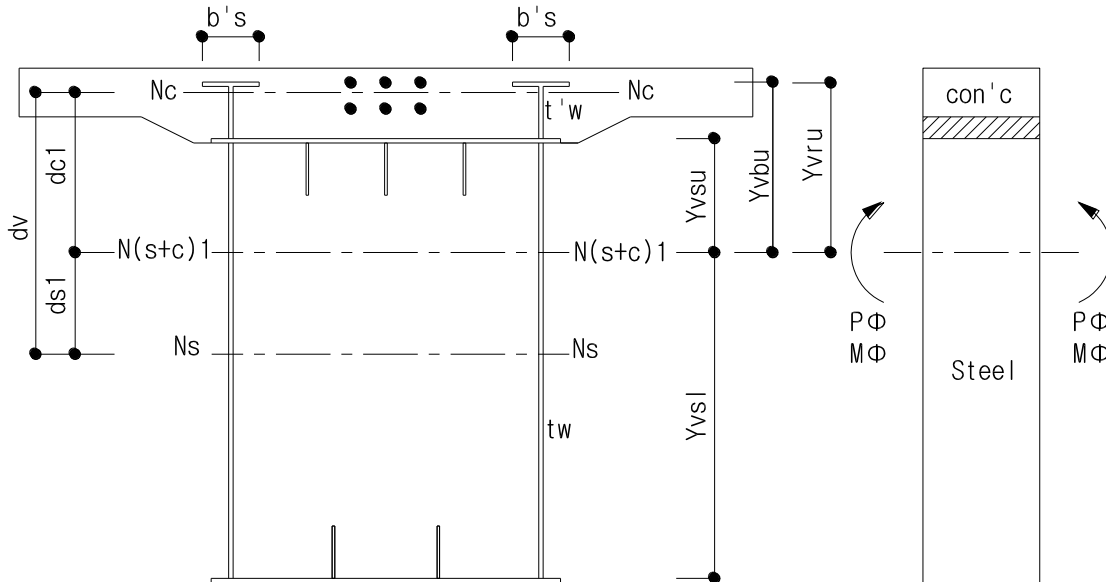
$$f_{vbu2} = M_w \cdot Y_{vbu} / I_{v33} = 0.000 \text{ Mpa} : \text{bluep F.L}$$

$$f_{vsu2} = M_w \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -0.155 \text{ Mpa} : \text{상연(강재)}$$

$$f_{vsl2} = M_w \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 0.235 \text{ Mpa} : \text{하연(강재)}$$

$$\underline{u} = S_w / A_{web} + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.631 \text{ Mpa}$$

(5) 크리프



$$A_c = b \times t_c = 6187.3 \times 280 = 1732438.400 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = A_s + A_c / n = 128580 + 1732438.400 / 8 = 345134.8 \text{ mm}^2$$

$$dv = H/2 - \delta s + t_h + t_c / 2 = 2200 / 2 - 71.089 + 0.0 + 280 / 2 = 1311.1 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = dv \times A_s / (A_c / n + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1311.1 \times 128580 / (1732438.4 / 8 + 128580) = 488.4 \text{ mm}$$

$$d_{vs} = dv - d_{vc} = 1311.1 - 488.4 = 822.6 \text{ mm}$$

$$n_1 = n \times (1 + \phi_1 / 2) : \text{크리프계수}(\phi_1) = 2.0 \text{ ---- 도.설 3.9.2.6} = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 128580 + 1732438.400 / 16 = 236857.4 \text{ mm}^2$$

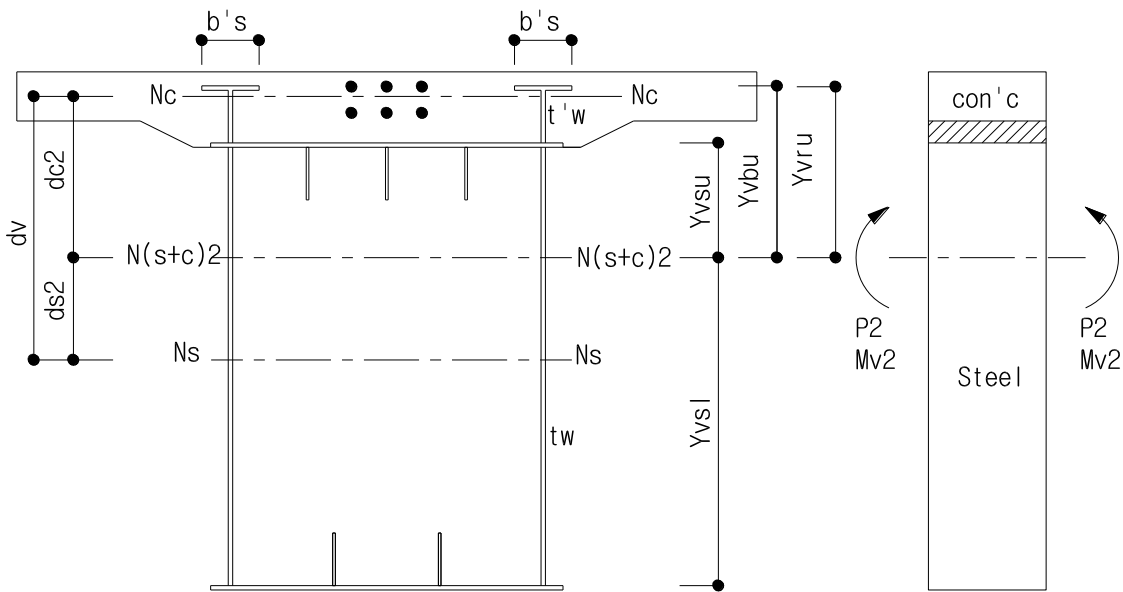
$$k = 0.185 : \text{2차 부정정력 계수}$$

$$dc_1 = dv \times A_s / (A_c / n_1 + A_s) : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} = 1311.089 \times 128580 / (1732438 / 16 + 128580) = 711.7 \text{ mm}$$

$$ds_1 = dv - dc_1 = 1311.1 - 711.7 = 599.4 \text{ mm}$$

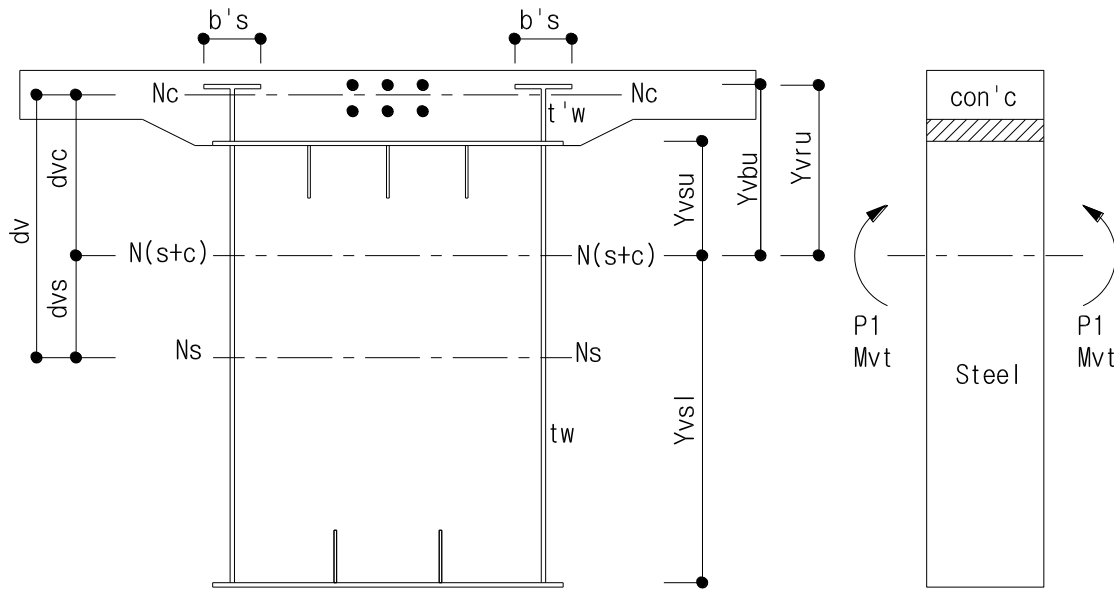
$$\begin{aligned}
I_{vc33} &= I_{33} + I_c/n1 + A_s \times d_{vs}^2 + A_c/n1 \times d_{vc}^2 \\
&= 110,481,395,049 + 11318597547 / 16 + 128580 \times 822.64^2 + (1732438 / 16) \times 488.446^2 = 224,036,905,121 \text{ mm}^4 = 0.224 \text{ m}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{vc33}) = -295806.5257 \text{ N} \\
P\Phi &= N_c \cdot 2 \cdot \Phi1 / (2 + \Phi1) = -295806.5257 \text{ N} \\
M\Phi &= P\Phi \cdot d_{c1} = -210535956 \text{ N-mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \Phi1 / 2) = 14347 \text{ Mpa} \\
f_{vru3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vru} / I_{v33} = -2.038 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = -1.994 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu3} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = -1.987 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl3} &= P\Phi / A_v + k \cdot M\Phi \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = -1.447 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축



$$\begin{aligned}
n2 &= n \times (1 + \Phi2 / 2) \quad : \text{크리프계수}(\Phi2) = 4.0 \quad \text{---- 도.설 3.9.2.8} \\
&= 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
A_{v2} &= A_s + A_c / n2 = 128580 + 1732438 / 24 = 200764.933 \text{ mm}^2 \\
d_{c2} &= d_v \times A_s / (A_c / n2 + A_s) \quad : \text{바닥판 도심위치에서 단면1차 모멘트를 산출한다.} \\
&= 1311.089 \times 128580 / (1732438 / 24 + 128580) = 839.687 \text{ mm} \\
d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 1311.089 - 839.687 = 471.401 \text{ mm} \\
P2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n2 = 3995436.06 \text{ N} \\
M_{v2} &= P2 \cdot d_{c2} = 3354917220 \text{ N} \\
f_{vru4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{v33} = 28.172 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(RE-BAR)} \\
f_{vrl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{v33} = 27.474 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(RE-BAR)} \\
f_{vbu4} &= 0.000 \text{ Mpa} \quad : \text{biuep F.L} \\
f_{vsu4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{v33} = 27.358 \text{ Mpa} \quad : \text{상연(강재)} \\
f_{vsl4} &= P2 / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{v33} = 18.748 \text{ Mpa} \quad : \text{하연(강재)}
\end{aligned}$$

(7) 온도차



$$\varepsilon t = \alpha \times t \quad : \text{온도변화}(t) = 10$$

$$= 0.000012 \times 10$$

$$P1 = E_s \times \varepsilon t \times A_c / n$$

$$Mvt = P1 \times dvc$$

$$Ert = E_s \times \varepsilon t$$

$$fvru5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvru / I_{v33} - Ert$$

$$fvrI5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot YvrI / I_{v33} - Ert$$

$$fvbu5 =$$

$$fvsu5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot Yvsu / I_{v33}$$

$$fvsI5 = P1 / A_v + k \cdot Mvt \cdot YvsI / I_{v33}$$

---- 도.설 2.1.12

$$= 0.00012$$

$$= 5327248 \quad N$$

$$= 2602074057 \quad N$$

$$= 25 \quad Mpa$$

$$= 10.601 \quad Mpa \quad : \text{상연(RE-BAR)}$$

$$= 10.060 \quad Mpa \quad : \text{하연(RE-BAR)}$$

$$= 0.000 \quad Mpa \quad : \text{bluep F.L}$$

$$= 34.570 \quad Mpa \quad : \text{상연(강재)}$$

$$= 27.892 \quad Mpa \quad : \text{하연(강재)}$$

② 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / A_w + \{Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct + Mvt) / (2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 48.583 \quad Mpa$$

$$u_a = 125 \quad Mpa \quad \therefore u < u_a \quad O.K.!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

* 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / A_w + \{Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct + Mwt) / (2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 28.804 \quad Mpa$$

$$u_a = 150 \quad Mpa \quad \therefore u < u_a \quad O.K.!$$

* 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw / 2 + Sv) / A_w + \{Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 \cdot Fv \cdot Tw)\} = 48.898 \quad Mpa$$

$$u_a = 156.25 \quad Mpa \quad \therefore u < u_a \quad O.K.!$$

③ 조합응력의 검토

---- 도.설 3.4.2.3

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

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\Phi = (f1 - f2) / f1 = 0.000$$

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

Φ : 응력구배

f1, f2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, f1 ≥ f2이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- 강재 허용응력

f_{ta} = : 인장(상부)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

f_{ta} = : 인장(Bieup)플랜지의 허용응력 = 215.000 MPa

* 강재 SM520B 사용

---- 도.설 3.4.2.3 표.3.4.6

① = $b_2' / (23 \times i \times n) = 2400 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.391$ mm

② = $b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.696$ mm

③ = $b_2' / (80 \times i \times n) = 2400 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.000$ mm

ㄱ. t_l > ① 이면,

f_{ca} = = 215.000 MPa

ㄴ. ② ≤ t_l < ① 이면,

f_{ca} = $215 - 4.7 \times \{ b_2' / (t_l \times i \times n) - 23 \}$
 = $215 - 4.7 \times \{ 2400 / (12 \times 1.000 \times 6) - 23 \}$
 = 166.433 MPa

ㄷ. ③ ≤ t_l < ② 이면,

f_{ca} = $220000 \times \{ (t_l \times i \times n) / b_2' \}^2$
 = $220000 \times \{ (12 \times 1.000 \times 6) / 2400 \}^2 = 198.000$ MPa

t_l = 12 mm : 사용된 플랜지 두께(상부)

f_{ca} = : 압축(하부)플랜지의 허용응력 = 166.433 MPa

- 철근 허용응력 ---- 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7

* SD 400 사용

f_{ta} = = 160.000 MPa

f_{ca} = = 180.000 MPa

: 허용응력의 할증 ----도.설 3.9.3.1

하중조합	RE-BAR			Bieup F.L		Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)	허용응력 (Mpa)	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상면	하면				상면	하면	상면	하면
1				0.000	215.000	-24.234	21.358	215.000	166.433
1+2+3	-47.126	-39.360	160.000	0.000	215.000	-62.300	79.152	215.000	166.433
1+2+3+5	-49.163	-41.354	160.000	0.000	215.000	-64.287	77.705	215.000	166.433
1+2+3+5+6	-20.992	-13.880	160.000	0.000	215.000	-36.929	96.453	215.000	166.433
1+2+3+5+6+7	-10.390	-3.820	184.000	0.000	247.250	-2.358	124.346	247.250	191.398
1+2+3+5+6-7	-31.593	-23.941	184.000	0.000	247.250	-71.499	68.561	247.250	191.398
1+2+4	-4.457	-3.722	192.000	0.000	258.000	-27.834	26.823	258.000	199.720
1+2+3+(1/2)4	-47.221	-39.440	200.000	0.000	268.750	-62.377	79.269	268.750	208.042
1+2+3+(1/2)4+5	-49.259	-41.434	200.000	0.000	268.750	-64.364	77.823	268.750	208.042
1+2+3+(1/2)4+5+6	-21.087	-13.960	200.000	0.000	268.750	-37.006	96.571	268.750	208.042
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-10.486	-3.900	216.000	0.000	290.250	-2.436	124.463	290.250	224.685
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-31.689	-24.020	216.000	0.000	290.250	-71.576	68.678	290.250	224.685

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 2. 합성후 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

4. 풍하중에 의한 응력 / 5. 크리프에 의한 응력 / 6. 건조수축에 의한 응력 / 7. 온도차에 의한 응력

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	RE-BAR				Bieup F.L		Steel			
	작용응력/허용응력		검 토		작용응력/허용응력	검토	작용응력/허용응력		검 토	
	상연	하연	상연	하연			상연	하연	상연	하연
1					0.0%	OK	11.3%	12.8%	OK	OK
1+2+3	29.5%	24.6%	OK	OK	0.0%	OK	29.0%	47.6%	OK	OK
1+2+3+5	30.7%	25.8%	OK	OK	0.0%	OK	29.9%	46.7%	OK	OK
1+2+3+5+6	13.1%	8.7%	OK	OK	0.0%	OK	17.2%	58.0%	OK	OK
1+2+3+5+6+7	5.6%	2.1%	OK	OK	0.0%	OK	1.0%	65.0%	OK	OK
1+2+3+5+6-7	17.2%	13.0%	OK	OK	0.0%	OK	28.9%	35.8%	OK	OK
1+2+4	2.3%	1.9%	OK	OK	0.0%	OK	10.8%	13.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	23.6%	19.7%	OK	OK	0.0%	OK	23.2%	38.1%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	24.6%	20.7%	OK	OK	0.0%	OK	23.9%	37.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	10.5%	7.0%	OK	OK	0.0%	OK	13.8%	46.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	4.9%	1.8%	OK	OK	0.0%	OK	0.8%	55.4%	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	14.7%	11.1%	OK	OK	0.0%	OK	24.7%	30.6%	OK	OK

④ 합성응력 검토

---- 도.설 3.8.2.4

하중조합	(f/fa) ²		(u/ua) ²		합성응력		판 별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.013	0.016	0.151	0.151	0.164	0.168	OK	OK
1+2+3	0.084	0.226	0.151	0.151	0.235	0.377	OK	OK
1+2+3+5	0.089	0.218	0.151	0.151	0.240	0.369	OK	OK
1+2+3+5+6	0.030	0.336	0.151	0.151	0.181	0.487	OK	OK
1+2+3+5+6+7	0.000	0.422	0.151	0.151	0.151	0.573	OK	OK
1+2+3+5+6-7	0.084	0.128	0.151	0.151	0.235	0.279	OK	OK
1+2+4	0.012	0.018	0.037	0.037	0.049	0.055	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	0.054	0.145	0.098	0.098	0.152	0.243	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	0.057	0.140	0.098	0.098	0.155	0.238	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	0.019	0.215	0.098	0.098	0.117	0.313	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	0.000	0.307	0.098	0.098	0.098	0.405	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	0.061	0.093	0.098	0.098	0.159	0.191	OK	OK

- 상 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{-64.287}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{48.583}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.089 + 0.151 = 0.240 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{u}{ua}\right)^2 = \left(\frac{124.346}{191.398}\right)^2 + \left(\frac{48.583}{125.000}\right)^2$$

$$= 0.422 + 0.151 = 0.573 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

⑤ 판의 최소두께 검토

- 인장(Bieup F.L)

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2

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

- 인장(상부) 플랜지

---- 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$t_{min} = b_2 / (80 \times n) = 2400 / (80 \times 6) = 5.00 \text{ mm} \leq t = 10 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

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

- 압축(하부) 플랜지

---- 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$t_{min} = b_2' / (46 \times i \times n) = 2400 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.70 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

- 복부판

---- 도.설 3.8.4

* 수평보강재 사용단수 2 단

$$t_{min} = H / (291 \times 1.200) = 2200 / (291 \times 1.20) = 6.30 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca} / f_c} = \sqrt{215.00 / 21.4} = 3.173 > 1.2 \quad \therefore 1.2 \text{ 사용}$$

- Bieup Web

* 수평보강재 사용단수 0 단

$$t_{min} = H / 121 = 0 / 121 = 0 \text{ mm} \leq t = 0 \text{ mm} \quad 0.K.!$$

⑥ 항복에 대한 안전도 검사

---- 도.설 3.9.3.2

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중 응력}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

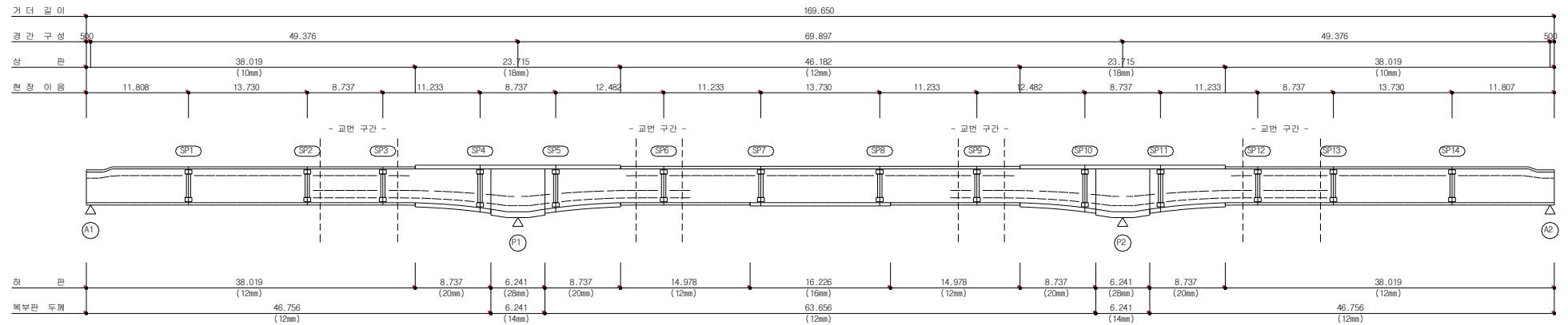
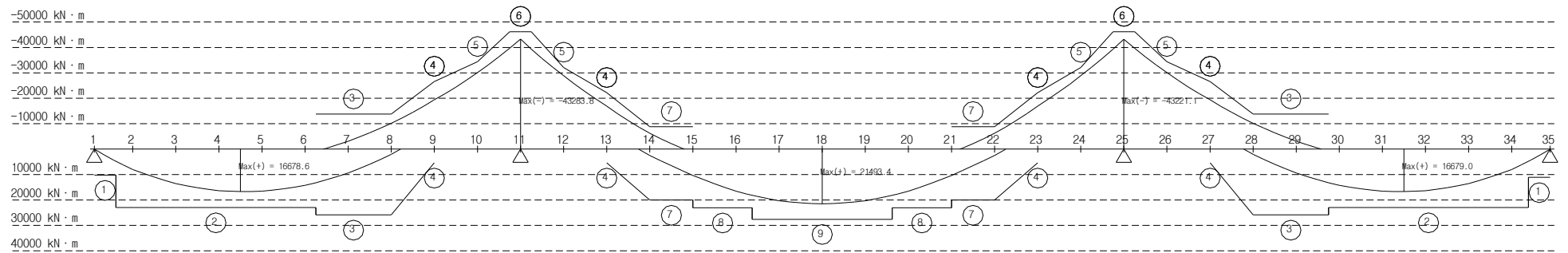
$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

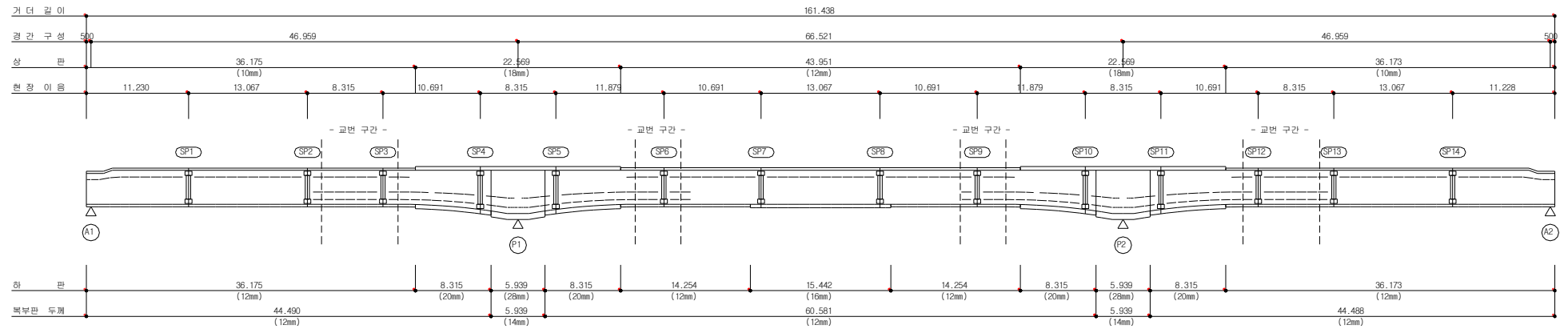
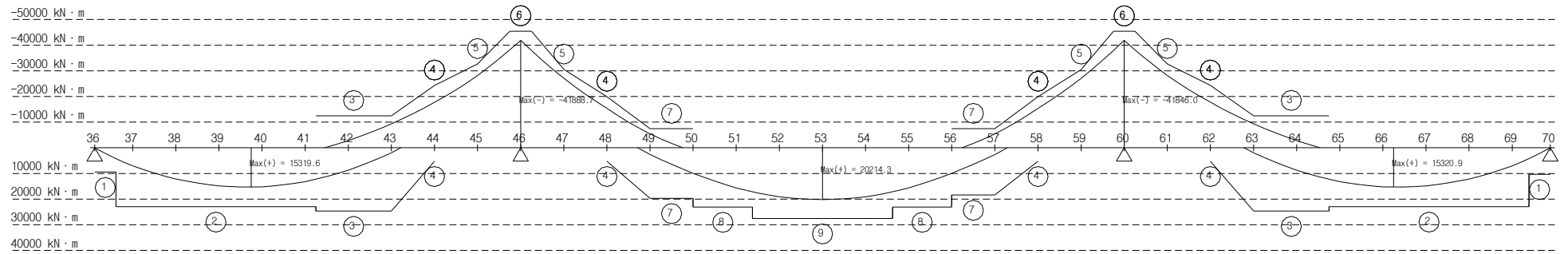
하중조합	RE-BAR				Bieup F.L/Steel					
	작용응력(MPa)		허용응력	판 별	작용응력(MPa)			허용응력	판 별	
	상연	하연	(Mpa)		Bieup F.L	상연	하연	(Mpa)	Bieup F.L	Steel
1					0.000	-31.504	27.765	355.000	OK	OK
1+2+3	-97.694	-81.596	240.000	OK	0.000	-110.417	147.576	355.000	OK	OK
1+2+3+7	-108.296	-91.657	240.000	OK	0.000	-144.987	175.469	355.000	OK	OK
1+2+3+5	-99.732	-83.590	240.000	OK	0.000	-112.404	146.130	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6	-71.561	-56.116	240.000	OK	0.000	-85.046	164.878	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6+7	-60.959	-46.056	240.000	OK	0.000	-50.476	192.770	355.000	OK	OK
1+2+3+5+6-7	-82.162	-66.177	240.000	OK	0.000	-119.616	136.985	355.000	OK	OK
1+2+4	-5.736	-4.791	240.000	OK	0.000	-36.138	34.800	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4	-97.790	-81.676	240.000	OK	0.000	-110.494	147.694	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+7	-87.189	-71.616	240.000	OK	0.000	-75.924	175.586	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5	-99.828	-83.670	240.000	OK	0.000	-112.481	146.247	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6	-71.656	-56.196	240.000	OK	0.000	-85.123	164.995	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-61.055	-46.136	240.000	OK	0.000	-50.553	192.887	355.000	OK	OK
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-82.258	-66.257	240.000	OK	0.000	-119.694	137.103	355.000	OK	OK

4.8 단면요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



5. 이음부의 설계

5.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 1 [G1]

(강종 : SM520B)

(도.설.해 3.3.2.1)

휨 모멘트(kN·m)		전 단 력(kN)		총비틀림 모멘트 M_t (kN·m)	상부FL. 응력 f_u (MPa)	하부FL. 응력 f_l (MPa)	허용휨 인장응력 f_{sa} (MPa)
합성전 M_s	합성후 M_v	합성전 V_s	합성후 V_v				
6,638.11	8,162.19	234.233	596.794	1326.300	104.61	-139.14	215.00

사용BOLT : H.T.B (M22 F 13T) $\rho_{sa} = 63,000 \times 2 \text{면} = 126,000 \text{ N}$ (도.설.해3.3.2.3)

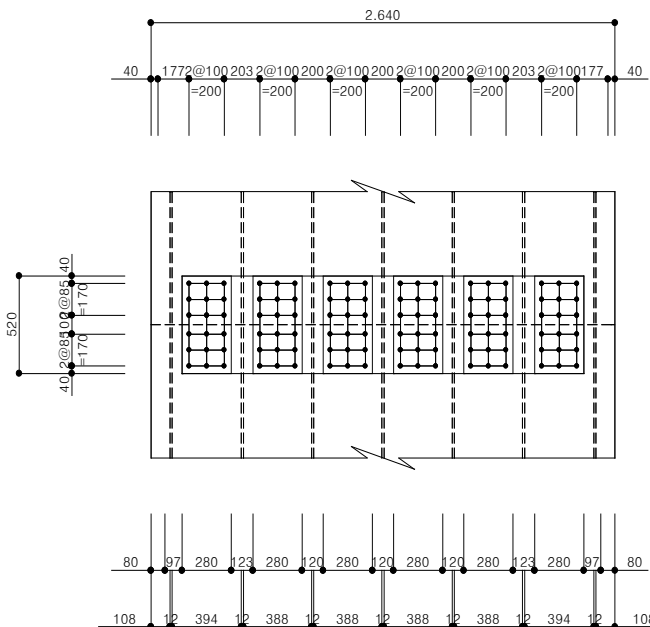
(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

(도.설.해 3.5.3.6)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 104.6 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 215.0 = 161.3 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 (} f_u \text{) } f_s' = 161.3 \text{ MPa 적용}$$



모재두께 = 10 mm

모재길이 = 2,640 mm

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 26,400.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 34ea \Rightarrow n_t = 54ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 26,400.0 \times 161.3 / 215.0 = 19,800.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

$$2 \text{ PL} - 0.0 \times 8.0 \times 520.0 = 0.0$$

$$6 \text{ PL} - 280.0 \times 8.0 \times 520.0 = 13,440.0$$

$$1 \text{ PL} - 2,286.0 \times 8.0 \times 520.0 = 18,288.0$$

$$\Sigma = 31,728.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 26,400.0 \times 161.3 / 31,728.0 = 134.2 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

(도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 26,400.0 \times 161.3 / 54.0 = 78,833.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 힘에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

$$Q_s = 2,640.0 \times 10.0 \times (1,121.4 - 5.0) = 2.947E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,640.0 \times 10.0 \times (318.5 - 5.0) = 8.275E+06 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 1.032E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 2.261E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 2,640.0 / 18e = 146.7 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 3e \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\begin{aligned} \rho_h &= (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n \\ &= (234.2 \times 29,471,640.0 / 103,183,000,000.0 + 596.8 \\ &\quad \times 8,275,476.0 / 226,126,000,000.0) \times (146.7 / 3.0) = 4,338.6 \text{ N/ea} \end{aligned}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{6.215E+09 + 1.882E+07} = 78,952.6 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

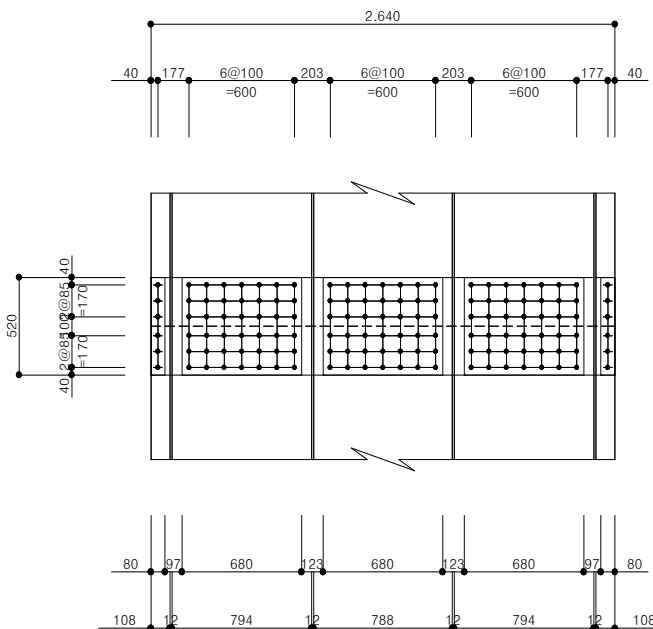
(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

(도.설.해 3.5.3.6)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 139.1 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 215.0 = 161.3 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 (} fl \text{)} = 161.3 \text{ MPa 적용}$$



$$\text{모재두께} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이} = 2,640 \text{ mm}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 31,680.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 41e \Rightarrow n_t = 69e \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 31,680.0 \times 161.3 / 215.0 = 23,760.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 A_{use}

$$2 \text{ PL} - 80.0 \times 8.0 \times 520.0 = 1,280.0$$

$$3 \text{ PL} - 680.0 \times 8.0 \times 520.0 = 16,320.0$$

$$1 \text{ PL} - 2,640.0 \times 8.0 \times 520.0 = 21,120.0$$

$$\Sigma = 38,720.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (도.설.해 3.5.3.7)

$$A_n = 38,720.0 - 25.0 \times 8.0 \times 23.0 \text{열} \times 2ea = 29,520.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 31,680.0 \times 161.3 / 29,520.0 = 173.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

- ③ BOLT의 응력검토 (도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 31,680.0 \times 161.3 / 69.0 = 74,034.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 힘에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q_s = 2,640.0 \times 12.0 \times (1,100.7 - 6.0) = 3.468E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,640.0 \times 12.0 \times (1,903.5 - 6.0) = 6.011E+07 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 1.032E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 2.261E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지전폭/횡방향1열BOLT수} = 2,640.0 / 23ea = 114.8 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 3ea \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n$$

$$= (234.2 \times 34,678,512.0 / 103,183,000,000.0 + 596.8$$

$$\times 60,113,908.8 / 226,126,000,000.0) \times (114.8 / 3.0) = 9,082.2 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

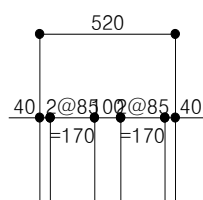
$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{5.481E+09 + 8.249E+07} = 74,589.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- ④ 모재의 응력검토

$$A_{sn} = 12.0 \times (2,640.0 - 25.0 \times 23.0) = 24,780.0 \text{ mm}^2$$

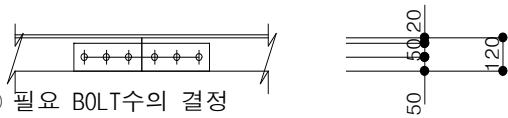
$$f_l = A_s \times f_s' / A_{sn} = 31,680.0 \times 161.3 / 24,780.0 = 206.2 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(3) 압축부 RIB 이음 : (상부 플랜지)



$$\text{RIB 폭} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{RIB 두께} = 12 \text{ mm}$$



- ① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 1,440.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 2ea \Rightarrow n = 3ea \dots 0.K !!$$

- ② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 1,440.0 \times 161.3 / 215.0 = 1,080.0 \text{ mm}^2$$

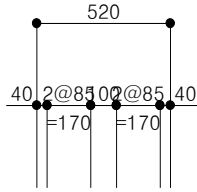
- 사용 이음판 전단면적 A_{use} ,

$$2 \text{ PL} - 100.0 \times 8.0 \times 520.0 = 1,600.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

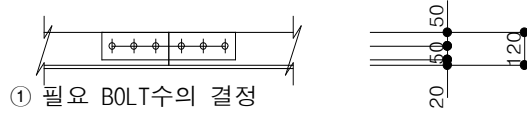
- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 1,440.0 \times 161.3 / 1,600.0 = 145.1 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(4) 인장부 RIB 이음 : (하부 플랜지)



RIB 폭 = 120 mm
RIB 두께 = 12 mm



① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 1,440.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 2ea \Rightarrow n = 3ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

• 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_a = 1,440.0 \times 161.3 / 215.0 = 1,080.0 \text{ mm}^2$$

• 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

$$2 \text{ PL} - 100.0 \times 8.0 \times 520.0 = 1,600.0 \text{ mm}^2$$

• 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (도.설.해 3.5.3.7)

$$A_n = 1,600.0 - 25.0 \times 8.0 \times 2ea = 1,200.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

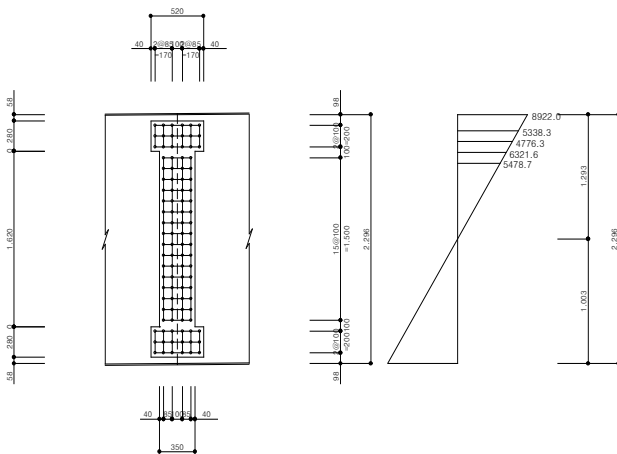
• 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 1,440.0 \times 161.3 / 1,200.0 = 193.5 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(5) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

• 힘에 의한 BOLT의 응력



Box 평균 높이 = 2,200 mm

Box 계산 높이 = 2,296 mm

WEB 두께 = 12 mm

중립축에서 연단까지 거리 h_o = 1,148 mm

$$f_1 = f_u = 161.25 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 148) / h_o = 140.48 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 248) / h_o = 126.43 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 348) / h_o = 112.38 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 448) / h_o = 98.34 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 548) / h_o = 84.29 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 } \rho_p = (161.250 + 140.480) / 2 \times 147.8 \times 12.0 / 3ea = 89,219.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제2열 } \rho_p = (140.480 + 126.432) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 3ea = 53,382.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제3열 } \rho_p = (126.432 + 112.384) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 3ea = 47,763.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제4열 } \rho_p = (112.384 + 98.336) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 2ea = 63,216.1 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제5열 } \rho_p = (98.336 + 84.288) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 2ea = 54,787.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

• 전단력에 의한 BOLT의 응력

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\therefore \text{전단응력 } v = V / A_w + M_t / (2 \cdot F \cdot t_w) \quad [\text{비틀림 모멘트 고려시}]$$

$$- \text{한쪽 복부판이 부담하는 전단력} : (V_s + V_v) / 2 = (234.2 + 596.8) / 2 = 415,513.5 \text{ N}$$

$$- \text{비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력} : M_t / (2 \cdot b) = 1,326.3 / (2 \times 2412) = 274,937.8 \text{ N}$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = (415,513.5 + 274,937.8) / 50ea = 13,809.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

• 합성 응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(89,219.9^2 + 13,809.0^2)} = 90,282.2 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

② 이음판의 응력계산

• 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

$$I_{sw}' = (12.0 \times 2,295.7^3) / 12 + 12.0 \times 2,295.7 \times (1,100.0 - 1,100.7)^2 = 1.210E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면2차 모멘트

$$I_{vw}' = (12.0 \times 2,295.7^3) / 12 + 12.0 \times 2,295.7 \times (1,903.5 - 1,100.0)^2 = 2.989E+10 \text{ mm}^4$$

• 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$$M_{sw} = M_s \times I_{sw}' / I_s = 6,638.1 \times 12,098,740,034.2 \times 103,183,000,000.0 = 778.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$$M_{vw} = M_v \times I_{vw}' / I_v = 8,162.2 \times 29,885,784,916.2 \times 226,126,000,000.0 = 1,078.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

• 복부 이음판의 단면2차모멘트

규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
4 - 280.0 × 8.0	8,960.0	950.0	8.512E+06	8.086E+09	5.854E+07
2 - 1,620.0 × 8.0	25,920.0	-	-	-	5.669E+09
합계	34,880.0	950.0	8.512E+06	8.086E+09	5.727E+09

$$I = I_o + AY^2 = 5,727,242,666.7 + 8,086,400,000.0 = 1.381E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{sw} = 13,813,642,666.7 + 34,880.0 \times (1,100.0 - 1,100.7)^2 = 1.381E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{vw} = 13,813,642,666.7 + 34,880.0 \times (1,903.5 - 1,100.0)^2 = 3.633E+10 \text{ mm}^4$$

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su} = 1,121.4 \text{ mm} \quad y_{sl} = 1,100.7 \text{ mm}$$

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su,v} = 318.5 \text{ mm} \quad y_{sl,v} = 1,903.5 \text{ mm}$$

- 이음판의 상연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_u &= (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw} \\ &= (778.4 \times 1,121.4) / 13,813,657,403.5 + (1,078.8 \times 318.5) / 36,334,559,815.0 \\ &= 63.184 + 9.455 = 72.639 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

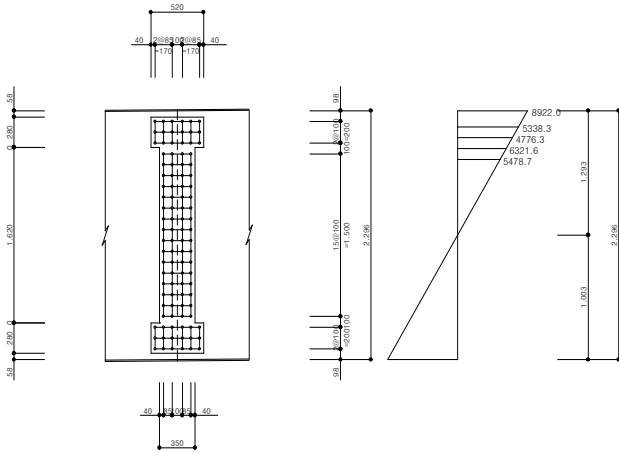
- 이음판의 하연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_l &= (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw} \\ &= (778.4 \times 1,100.7) / 13,813,657,403.5 + (1,078.8 \times 1,903.5) / 36,334,559,815.0 \\ &= 62.018 + 56.515 = 118.533 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

(6) WEB 연결부의 계산 : (우측 WEB)

① BOLT의 응력계산

- 힘에 의한 BOLT의 응력



Box 평균 높이 = 2,200 mm

Box 계산 높이 = 2,104 mm

WEB 두께 = 12 mm

중립축에서 연단까지 거리 h_o = 1,052 mm

$$f_1 = f_u = 161.25 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 148) / h_o = 138.59 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 248) / h_o = 123.27 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 348) / h_o = 107.94 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 448) / h_o = 92.61 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 548) / h_o = 77.29 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 } \rho_p = (161.250 + 138.591) / 2 \times 147.8 \times 12.0 / 3ea = 88,661.3 \text{ N/ea} \geq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제2열 } \rho_p = (138.591 + 123.266) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 3ea = 52,371.4 \text{ N/ea} \geq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제3열 } \rho_p = (123.266 + 107.940) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 3ea = 46,241.2 \text{ N/ea} \geq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제4열 } \rho_p = (107.940 + 92.614) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 2ea = 60,166.3 \text{ N/ea} \geq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제5열 } \rho_p = (92.614 + 77.289) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 2ea = 50,970.9 \text{ N/ea} \geq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 전단력에 의한 BOLT의 응력

(도.설.해 3.8.2.3)

$$\therefore \text{전단응력 } v = V / A_w + M_t / (2 \cdot F \cdot t_w) \quad [\text{비틀림 모멘트 고려시}]$$

$$- \text{한쪽 복부판이 부담하는 전단력} : (V_s + V_v) / 2 = (234.2 + 596.8) / 2 = 415,513.5 \text{ N}$$

$$- \text{비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력} : M_t / (2 \cdot b) = 1,326.3 / (2 \times 2412) = 274,937.8 \text{ N}$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = (415,513.5 + 274,937.8) / 46ea = 15,009.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 합성 응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(88,661.3^2 + 15,009.8^2)} = 89,922.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

$$I_{sw}' = (12.0 \times 2,104.3^3) / 12 + 12.0 \times 2,104.3 \times (1,100.0 - 1,100.7)^2 = 9.318E+09 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면2차 모멘트

$$I_{vw}' = (12.0 \times 2,104.3^3) / 12 + 12.0 \times 2,104.3 \times (1,903.5 - 1,100.0)^2 = 2.562E+10 \text{ mm}^4$$

- 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$$M_{sw} = M_s \times I_{sw}' / I_s = 6,638.1 \times 9,318,149,078.3 \times 103,183,000,000.0 = 599.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$$M_{vw} = M_v \times I_{vw}' / I_v = 8,162.2 \times 25,622,378,489.0 \times 226,126,000,000.0 = 924.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부 이음판의 단면2차모멘트

규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
4 - 280.0 × 8.0	8,960.0	850.0	7.616E+06	6.474E+09	5.854E+07
2 - 1,420.0 × 8.0	22,720.0	-	-	-	3.818E+09
합계	31,680.0	850.0	7.616E+06	6.474E+09	3.876E+09

$$I = I_o + AY^2 = 3,876,256,000.0 + 6,473,600,000.0 = 1.035E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{sw} = 10,349,856,000.0 + 31,680.0 \times (1,100.0 - 1,100.7)^2 = 1.035E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{vw} = 10,349,856,000.0 + 31,680.0 \times (1,903.5 - 1,100.0)^2 = 3.080E+10 \text{ mm}^4$$

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su} = 1,121.4 \text{ mm} \quad y_{sl} = 1,100.7 \text{ mm}$$

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su,v} = 318.5 \text{ mm} \quad y_{sl,v} = 1,903.5 \text{ mm}$$

- 이음판의 상연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_u &= (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw} \\ &= (599.5 \times 1,121.4) / 10,349,869,384.8 + (924.9 \times 318.5) / 30,804,633,960.4 \\ &= 64.949 + 9.561 = 74.510 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots \text{O.K !!} \end{aligned}$$

- 이음판의 하연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_l &= (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw} \\ &= (599.5 \times 1,100.7) / 10,349,869,384.8 + (924.9 \times 1,903.5) / 30,804,633,960.4 \\ &= 63.750 + 57.151 = 120.901 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots \text{O.K !!} \end{aligned}$$

2) SPLICE - TYPE - 1 (SPLICE NO. 1,2) -I.P GIRDER 18,19(G2)

구분	단위	Input Data
Ms : 합성전 휨모멘트	kN-m	-613.321
Mv : 합성후 휨모멘트	kN-m	-435.719
Ss : 합성전 전단력	kN	-2793.600
Sv : 합성후 전단력	kN	-1355.836
Mt : 총 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
fu : 상부 Flange의 응력 (b1)	MPa	-109.8
fu' : 상부 Flange의 응력 (b2)	MPa	-90.1
fl : 하부 Flange-1의 응력 (b3)	MPa	86.3
fl' : 하부 Flange-2의 응력 (b4)	MPa	106.9

강종 : SM400 (fa = 140 MPa , ua= 80 MPa)

BOLT : H.T.B (M22 F 10 T) , pa= 48000 x 2 면마찰 = 96000 N

1) 인장부 플랜지(상부 Flange-b1)의 현장이음은 현장용접 적용

fs = -109.8 MPa

fs'= 0.9 x 140 = 126 MPa ----- 도.설 3.3.2.3

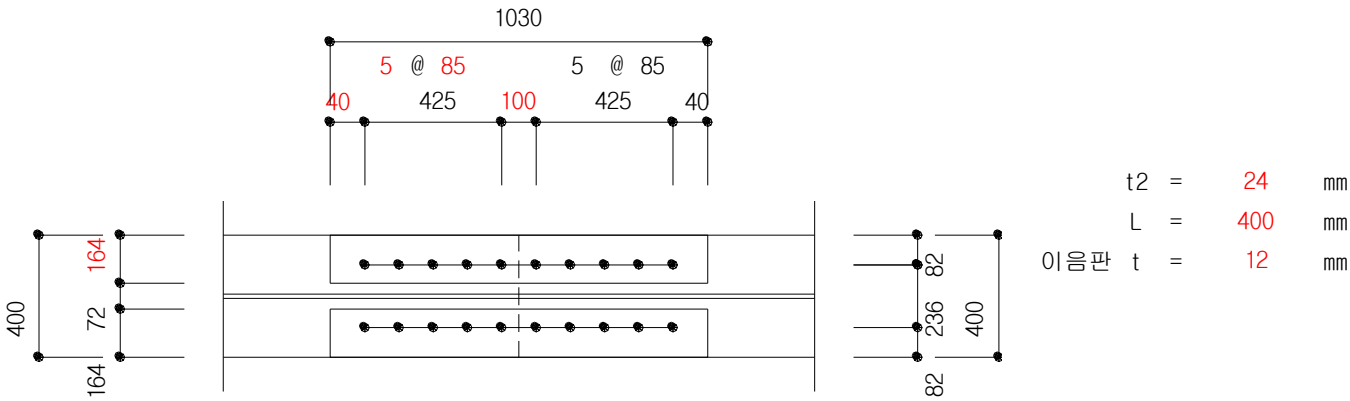
∴ 현장 용접부의 허용응력은 강재허용응력의 90%이며 발생응력이 그 보다 작으므로 이음부는 안전함.

2) 인장부 플랜지(상부 Flange-b2)의 현장이음

fs = 90.14 MPa

fs'= 0.75 x 140 = 105 MPa ----- 도.설 3.5.1.1

∴ 이음부의 설계응력 fu = 105 MPa 적용



① 필요 BOLT수의 결정

n = As x fs / pε = (24 x 400 x 105.0) / 96000 ≒ 11 EA
∴ = 12 EA 사용

② 이음판의 결정

As,req = (24 x 400 x 105.0) / 140 = 7200 mm²

사용이음판

외측 2-PL : 164 x 12 x 1030 = 3936 mm²

내측 2-PL : 164 x 12 x 1030 = 3936 mm²

Σ = 7872 mm² > 7200 mm² O.K.!

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 볼트지름을 공제

An = 7872 - 25 x 12 x 12열 x 2면 = 672 mm²

fs = (24 x 400 x 105.0) / 7872 = 128.049 MPa < fsa= 140 MPa O.K.!

③ BOLT의 응력검토

- 직응력

pp = P / n = (24 x 400 x 105.0) / 12 = 84000 N/EA
∴ pp < pa= 96000 N O.K.!

- 휨전단 응력

ph = { (Ss x Qs) / I33 + (Sv x Qv) / Iv33 } x P / n
= { (-2793600 x 7173902.7) / 34953067649 + (-1355836 x 7173902.7) / 34953067649 } x 200 / 6 = -28388.21 N/EA

Ss = -2793.600 kN : 합성전 전단력

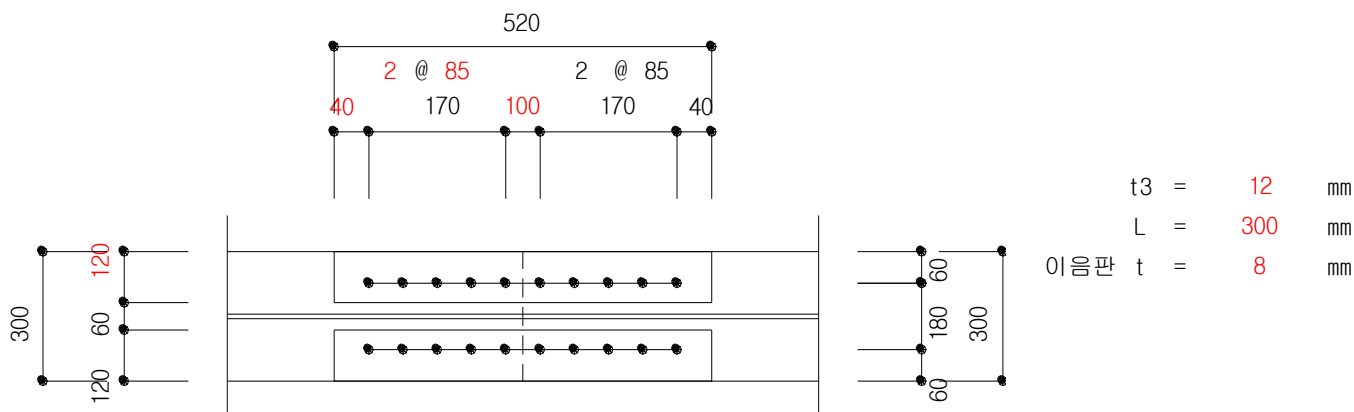
$$\begin{aligned}
S_v &= -1355.836 \text{ kN} && \text{: 합성후 전단력} \\
Q_s &= 400 \times 24 \times (759.282 - 12) && = 7173902.703 \text{ mm}^3 \\
Q_v &= 400 \times 24 \times (759.282 - 12) && = 7173902.703 \text{ mm}^3 \\
I_{33} &= && = 34953067649.37 \text{ mm}^4 = 0.035 \text{ m}^4 \\
I_{v33} &= && = 34953067649.37 \text{ mm}^4 = 0.035 \text{ m}^4 \\
p &= \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트 수} && \text{: 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} \\
&= 400 / 2 && = 200.00 \text{ mm} \\
n &= \text{접합선에 직각 방향의 볼트의 수} \\
&\text{- 합성응력의 검토} \\
\rho &= \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} \\
&= \sqrt{84000^2 + (-28388.21)^2} && = 88667.30 \text{ N/EA} \\
&&& \therefore \rho_p < \rho_a = 96000 \text{ N} \quad \text{O.K. !}
\end{aligned}$$

④ 모재의 응력검토

$$\begin{aligned}
A_{sn} &= 24 \times (400 - 25 \times 2) && = 8400.00 \text{ mm}^2 \\
f_u &= A_s \times f_s' / A_{sn} = 9600 \times 105 / 8400.00 && = 120.00 \text{ MPa} \\
&&& \therefore f_u < f_{sa} = 140 \text{ N} \quad \text{O.K. !}
\end{aligned}$$

3) 압축부 플랜지(하부 Flange-b3)의 현장이음

$$\begin{aligned}
f_s &= 86.27 \text{ MPa} \\
f_s' &= 0.75 \times 140 = 105 \text{ MPa} && \text{---- 도.설 3.5.1.1} \\
\therefore \text{이음부의 설계응력 } f_l &= 105 \text{ MPa} \quad \text{적용}
\end{aligned}$$



① 필요 BOLT수의 결정

$$\begin{aligned}
n &= A_s \times f_s / \rho \epsilon = (12 \times 300 \times 105.0) / 96000 \div 4 \text{ EA} \\
&&& \therefore = 6 \text{ EA 사용}
\end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\begin{aligned}
A_{s, \text{req}} &= (12 \times 300 \times 105.0) / 140 && = 2700 \text{ mm}^2 \\
&\text{사용이음판} \\
\text{외측 2-PL} &: 120 \times 8 \times 520 = 1920 \text{ mm}^2 \\
\text{내측 2-PL} &: 120 \times 8 \times 520 = 1920 \text{ mm}^2 \\
\sum &= 3840 \text{ mm}^2 > 2700 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K. !} \\
&\text{이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 볼트지름을 공제} \\
A_n &= 3840 - 25 \times 8 \times 6 \text{열} \times 2 \text{면} && = 1440 \text{ mm}^2 \\
f_s &= (12 \times 300 \times 105.0) / 3840 = 98.438 \text{ MPa} < f_{sa} = 140 \text{ MPa} \quad \text{O.K. !}
\end{aligned}$$

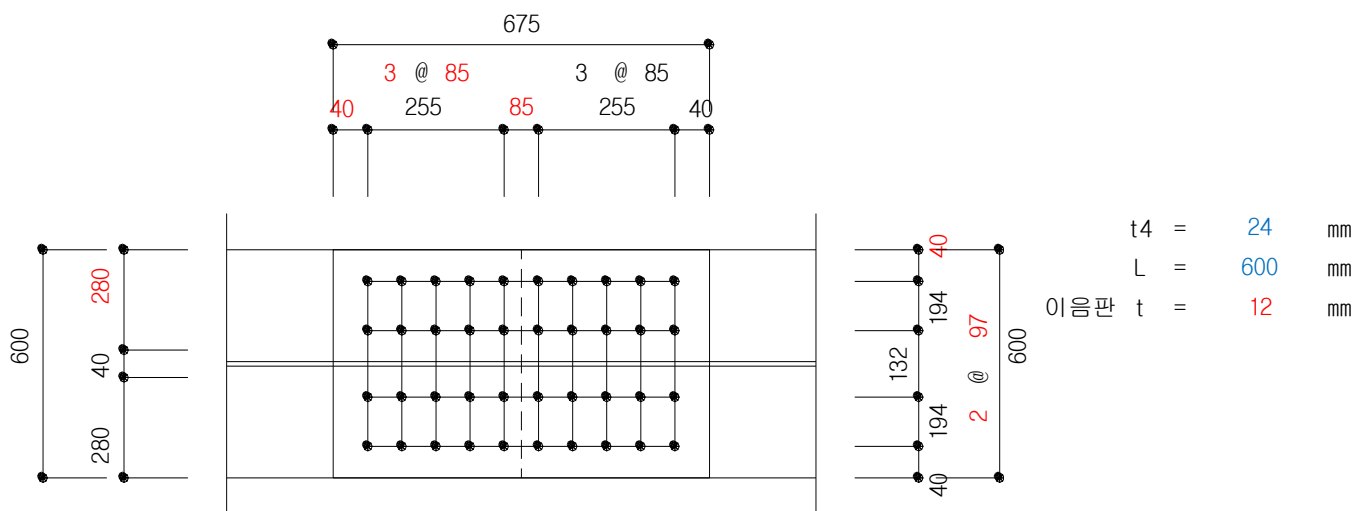
③ BOLT의 응력검토

$$\begin{aligned}
&\text{- 직응력} \\
\rho_p &= P / n = (12 \times 300 \times 105.0) / 6 && = 63000 \text{ N/EA} \\
&&& \therefore \rho_p < \rho_a = 96000 \text{ N} \quad \text{O.K. !} \\
&\text{- 휨전단 응력} \\
\rho_h &= \{ (S_s \times Q_s) / I_{33} + (S_v \times Q_v) / I_{v33} \} \times P / n \\
&= \{ (-2793600 \times 2594586.5) / 34953067649 + (-1355836 \times 2594586.5) / 34953067649 \} \times 150 / 3 && = -15400.75 \text{ N/EA} \\
S_s &= -2793.600 \text{ kN} && \text{: 합성전 전단력} \\
S_v &= -1355.836 \text{ kN} && \text{: 합성후 전단력} \\
Q_s &= 300 \times 12 \times (726.718 - 6) && = 2594586.486 \text{ mm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_v &= 300 \times 12 \times (726.718 - 6) = 2594586.486 \text{ mm}^3 \\
 I_{33} &= 34953067649.37 \text{ mm}^4 = 0.035 \text{ m}^4 \\
 I_{v33} &= 34953067649.37 \text{ mm}^4 = 0.035 \text{ m}^4 \\
 p &= \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트 수} : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)} \\
 &= 300 / 2 = 150.00 \text{ mm} \\
 n &= \text{접합선에 직각 방향의 볼트의 수} \\
 - \text{합성응력의 검토} \\
 \rho &= \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} \\
 &= \sqrt{63000^2 + (-15400.75)^2} = 64855.09 \text{ N/EA} \\
 \therefore \rho_p < \rho_a &= 96000 \text{ N} \quad \text{O.K.!!}
 \end{aligned}$$

4) 압축부 플랜지(하부 Flange-b4)의 현장이음

$$\begin{aligned}
 f_s &= 106.9 \text{ MPa} \\
 f_s' &= 0.75 \times 140 = 105 \text{ MPa} \quad \text{---- 도.설 3.5.1.1} \\
 \therefore \text{이음부의 설계응력 } f_l &= 106.9 \text{ MPa} \quad \text{적용}
 \end{aligned}$$



① 필요 BOLT수의 결정

$$\begin{aligned}
 n &= A_s \times f_s / \rho \varepsilon = (24 \times 600 \times 106.9) / 96000 \div 17 \text{ EA} \\
 \therefore &= 24 \text{ EA 사용}
 \end{aligned}$$

② 이음판의 결정

$$\begin{aligned}
 A_{s, \text{req}} &= (24 \times 600 \times 106.9) / 140 = 10998.3 \text{ mm}^2 \\
 \text{사용이음판} \\
 \text{외측 1-PL} : 600 \times 12 \times 675 &= 7200 \text{ mm}^2 \\
 \text{내측 2-PL} : 280 \times 12 \times 675 &= 6720 \text{ mm}^2 \\
 \Sigma &= 13920 \text{ mm}^2 > 10998.34519 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.!!} \\
 \text{이음판의 순단면적} : \text{인장부의 순단면적은 볼트지름을 공제} \\
 A_n &= 13920 - 25 \times 12 \times 12 \times 2 = 6720 \text{ mm}^2 \\
 f_s &= (24 \times 600 \times 106.9) / 13920 = 110.616 \text{ MPa} < f_{sa} = 140 \text{ MPa} \quad \text{O.K.!!}
 \end{aligned}$$

③ BOLT의 응력검토

$$\begin{aligned}
 - \text{직응력} \\
 \rho_p &= P / n = (24 \times 600 \times 106.9) / 24 = 64157.01362 \text{ N/EA} \\
 \therefore \rho_p < \rho_a &= 96000 \text{ N} \quad \text{O.K.!!} \\
 - \text{휨전단 응력}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_h &= \{ (S_s \times Q_s) / I_{33} + (S_v \times Q_v) / I_{v33} \} \times P / n \\
 &= \{ (-2793600 \times 12797546) / 34953067649 + (-1355836 \times 12797546) / 34953067649 \} \times 100 / 4 = -37981.36 \text{ N/EA} \\
 S_s &= -2793.600 \text{ kN} : \text{합성전 전단력} \\
 S_v &= -1355.836 \text{ kN} : \text{합성후 전단력} \\
 Q_s &= 600 \times 24 \times (900.718 - 12) = 12797545.95 \text{ mm}^3 \\
 Q_v &= 600 \times 24 \times (900.718 - 12) = 12797545.95 \text{ mm}^3 \\
 I_{33} &= 34953067649 \text{ mm}^4 = 0.035 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{v33} = \quad = 34953067649 \text{ mm}^4 = 0.035 \text{ m}^4$$

$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 볼트 수} : \text{접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm)}$
 $= 600 / 6 = 100.00 \text{ mm}$

$n = \text{접합선에 직각 방향의 볼트의 수}$
 - 합성응력의 검토
 $\rho = \sqrt{(p p^2 + p h^2)}$
 $= \sqrt{64157.01362^2 + -37981.36^2} = 74556.73 \text{ N/EA}$
 $\therefore \rho p < \rho a = 96000 \text{ N} \quad \text{O.K. !}$

5) I.P WEB 연결부의 계산

- 상연 1 복부는 현장용접 적용

$f_s = -109.8 \text{ MPa}$
 $f_s' = 0.9 \times 140 = 126 \text{ MPa} \quad \text{---- 도.설 3.3.2.3}$
 $\therefore \text{현장 용접부의 허용응력은 강재허용응력의 90\%이며 발생응력이 그 보다 작으므로 이음부는 안전함.}$

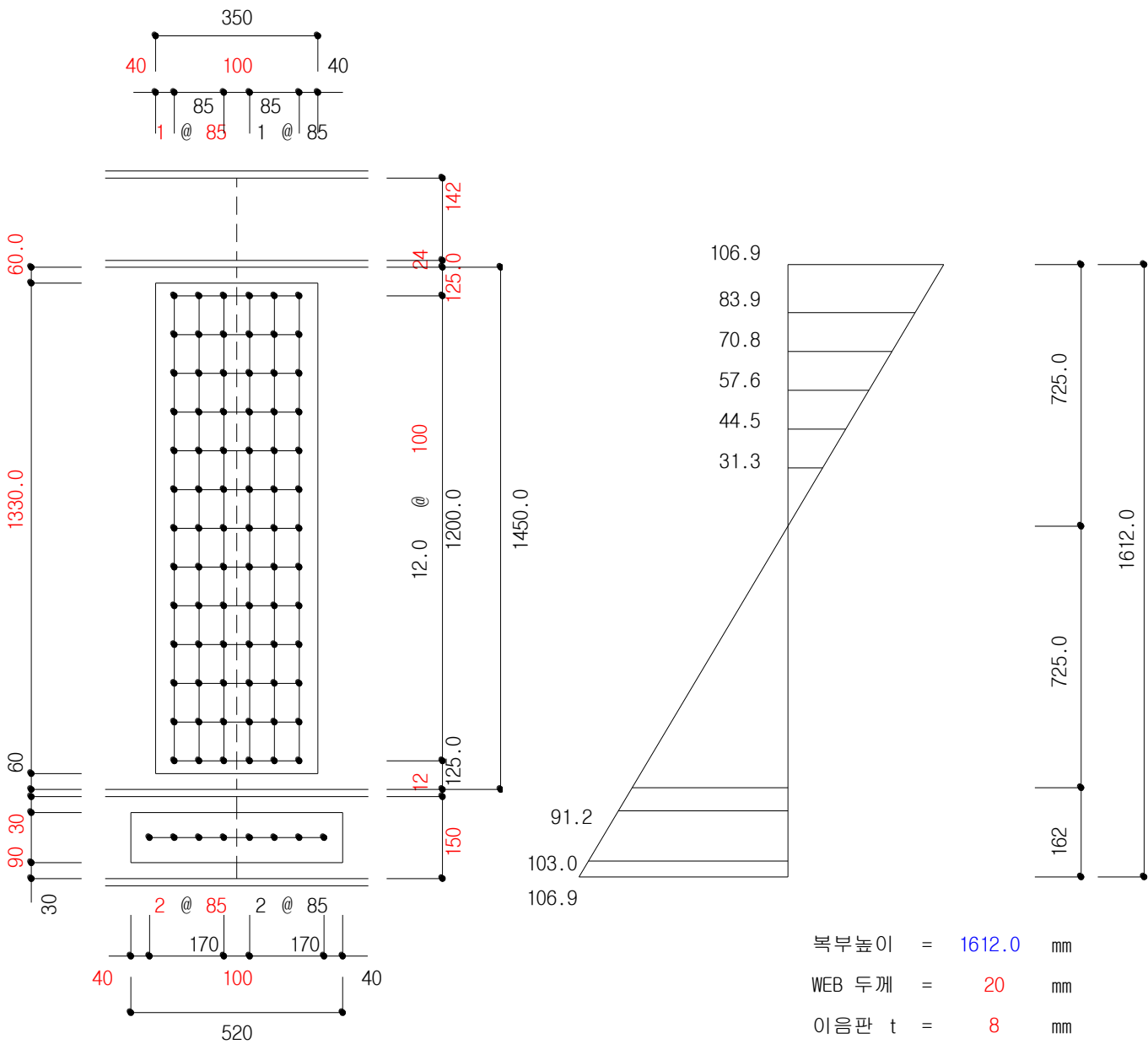
- 상연 2

$f_s = 90.14 \text{ MPa} \quad \text{---- 도.설 3.5.1.1}$
 $f_s' = 0.75 \times 140 = 105 \text{ MPa}$

- 하연

$f_s = 106.9 \text{ MPa}$
 $f_s' = 0.75 \times 140 = 105 \text{ MPa}$
 $\therefore \text{이음부의 설계응력 } f_u = 105 \text{ MPa} \quad \text{적용}$
 $f_l = 106.9 \text{ MPa} \quad \text{적용}$

① BOLT의 응력계산



- 휨에 의한 BOLT의 응력(중앙 WEB)

$h_o = 813.3 \text{ mm} : \text{중립축에서 연단까지의 거리}$

f1 = fu = 106.9 MPa
f2 = f1 x (ho - 175) / ho = 83.9 MPa
f3 = f1 x (ho - 275) / ho = 70.8 MPa
f4 = f1 x (ho - 375) / ho = 57.6 MPa
f5 = f1 x (ho - 475) / ho = 44.5 MPa
f6 = f1 x (ho - 575) / ho = 31.3 MPa
f7 = f1 x (ho - 675) / ho = 18.2 MPa

제1열 = (83.9 + 70.8) / 2 x 100 x 20 / 2 EA = 77347.79 N/EA
제2열 = (70.8 + 57.6) / 2 x 100 x 20 / 2 EA = 64200.86 N/EA
제3열 = (57.6 + 44.5) / 2 x 100 x 20 / 2 EA = 51053.94 N/EA
제4열 = (44.5 + 31.3) / 2 x 100 x 20 / 2 EA = 37907.02 N/EA
제5열 = (31.3 + 18.2) / 2 x 100 x 20 / 2 EA = 24760.10 N/EA
∴ 볼트 1개에 작용하는 힘 max= 77347.79 < pa= 96000 N O.K. !
ps= 1355.836 x 10³ / 29 = 46752.97 N

- 횡에 의한 BOLT의 응력(하단 WEB)

ho' = 813.33387 mm : 중립축에서 연단까지의 거리
f1' = fl = 106.9 MPa
f2' = f1 x (ho - 30) / ho = 103.0 MPa
f3' = f1 x (ho - 120) / ho = 91.2 MPa
제1열 = (103.0 + 91.2) / 2 x 90 x 20 / 3 EA = 58240.90 N/EA
∴ 볼트 1개에 작용하는 힘 max= 58240.90 < pa = 96000 N O.K. !
ps= 1355.836 x 10³ / 29 = 46752.97 N

- 합성응력 검토

ρ = √ (ρm² + ρs²) : 중앙 WEB
= √ (77347.79² + 46752.97²) = 90379.87 < pa= 96000 N O.K. !

ρ = √ (ρm² + ρs²) : 하단 WEB
= √ (58240.90² + 46752.97²) = 74684.96 < pa= 96000 N O.K. !

- 이음판의 응력 계산

* 복부판의 단면2차 모멘트
Isw' = (20 x 1612³ / 12) + 20 x 1612 x (806 - 900.7)² = 7270665552 mm⁴ = 0.007 m⁴
Ivw' = (20 x 1612³ / 12) + 20 x 1612 x (900.7 - 806)² = 7270665552 mm⁴ = 0.007 m⁴

* 복부판에 작용하는 모멘트
Msw = Ms x (Isw' / I33) : 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트
= -613.32 x (7270665552 / 34953067649) = -127.578 kN · m
Mvw = Mv x (Isv' / Iv33) : 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트
= -435.72 x (7270665552 / 34953067649) = -90.635 kN · m
Ms = -613.321 kN · m
Mv = -435.719 kN · m
I33 = 34953067649 mm⁴
Iv33 = 34953067649 mm⁴

* 이음판의 단면2차모멘트

부재구분	규격	As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
2-PL	1330.00 X 8	21280	4	85120	340480	3136849333
2-PL	90 X 8	1440	-808	-1163520	940124160	972000

TOTAL	1440		0	940464640	3137821333

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum A s Y^2 + \sum I_o \\
 &= 940464640 + 3137821333 = 4078285973 \text{ mm}^4 = 0.004 \text{ m}^4 \\
 I_{sw} &= 4078285973 + 1440 \times (806.0 - 900.7)^2 = 4091205060 \text{ mm}^4 = 0.004 \text{ m}^4 \\
 I_{vw} &= 4078285973 + 1440 \times (900.7 - 806.0)^2 = 4091205060 \text{ mm}^4 = 0.004 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

I_{sw} : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

★ 이음판의 응력

$$Y_{b3} = 726.718 \text{ mm} \quad : \text{강재보단면의 중립축에서 이음판 b1까지의 거리}$$

$$Y_{b4} = 900.718 \text{ mm} \quad : \text{강재보단면의 중립축에서 이음판 b4까지의 거리}$$

$$Y_{vb3} = 726.718 \text{ mm} \quad : \text{합성단면의 중립축에서 이음판 b1까지의 거리}$$

$$Y_{vb4} = 900.718 \text{ mm} \quad : \text{합성단면의 중립축에서 이음판 b4까지의 거리}$$

$$\begin{aligned}
 f_u &= (M_{sw} / I_{sw}) \times Y_{b2} + (M_{vw} / I_{vw}) \times Y_{vb2} \\
 &= (-127.58 \times 1000000) / 4091205060.4 \times 726.72 \\
 &\quad + (-90.63 \times 1000000) / 4091205060 \times 726.72 = -38.761 \text{ MPa} \\
 \therefore f_s < f_{sa} &= 140 \text{ MPa} \quad \text{O.K. !}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_l &= (M_{sw} / I_{sw}) \times Y_{b4} + (M_{vw} / I_{vw}) \times Y_{vb4} \\
 &= (-127.58 \times 1000000) / 4091205060.4 \times 900.72 \\
 &\quad + (-90.63 \times 1000000) / 4091205060 \times 900.72 = -48.042 \text{ MPa} \\
 \therefore f_s < f_{sa} &= 140 \text{ MPa} \quad \text{O.K. !}
 \end{aligned}$$

5.1 현장이음 표

구 분	휨 모멘트(kN·m)		전 단 력(kN)		M_t (kN·m)	f_u (MPa)	f_l (MPa)	f_{sa} (MPa)	ρ_{sa} (N)
	M_s	M_v	V_s	V_v					
SP1	6,638.11	8,162.19	234.23	596.79	1,326.30	104.61	-139.14	215.0	126,000
SP2	4,627.28	9,084.91	557.19	702.96	983.60	83.58	-125.56	215.0	126,000
SP3	-2,263.82	-6,928.31	1,020.31	1,035.02	1,244.16	-64.21	108.05	215.0	126,000
SP4	-16,139.90	-15,468.40	1,329.77	1,451.38	1,414.75	-179.04	185.00	215.0	126,000
SP5	-15,812.50	-14,727.70	1,387.42	1,518.74	2,221.57	-174.56	181.72	215.0	126,000
SP6	420.22	5,117.92	1,051.32	1,105.80	2,035.36	33.27	-41.80	215.0	126,000
SP7	8,675.46	10,414.80	414.15	673.32	1,340.50	102.68	-148.20	215.0	126,000
SP8	8,676.89	10,416.50	413.82	673.05	1,341.61	102.70	-148.23	215.0	126,000
SP9	422.86	5,120.85	1,051.11	1,105.56	2,038.25	33.29	-41.86	215.0	126,000
SP10	-15,816.10	-14,728.40	1,394.59	1,525.16	2,193.40	-174.59	181.75	215.0	126,000
SP11	-16,134.20	-15,465.30	1,322.73	1,450.13	1,425.06	-179.00	184.97	215.0	126,000
SP12	-2,266.89	-6,936.44	1,020.48	1,035.00	1,244.13	-64.29	108.13	215.0	126,000
SP13	4,625.60	9,087.94	557.35	703.07	983.68	83.57	-125.58	215.0	126,000
SP14	6,636.97	8,163.16	234.05	596.91	1,328.70	104.60	-139.14	215.0	126,000

• 상부 플랜지 연결부 관련 검토

구 분	상부플랜지이음부설계응력(MPa)				모재 두께 (mm)	모재 길이 (mm)	상부이음판단면적검토(mm ²)			상부이음판응력검토(MPa)		
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	구분			A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	104.61	161.25	161.25	압축	10	2,640	19,800.0	31,728.0	0.K	215.0	134.2	0.K
SP2	83.58	161.25	161.25	압축	10	2,640	19,800.0	31,728.0	0.K	215.0	134.2	0.K
SP3	64.21	161.25	161.25	인장	10	2,640	19,800.0	24,528.0	0.K	215.0	173.6	0.K
SP4	179.04	161.25	179.04	인장	18	2,640	39,572.6	42,912.0	0.K	215.0	198.3	0.K
SP5	174.56	161.25	174.56	인장	18	2,640	38,581.8	42,912.0	0.K	215.0	193.3	0.K
SP6	33.27	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	31,728.0	0.K	215.0	161.0	0.K
SP7	102.68	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	31,728.0	0.K	215.0	161.0	0.K
SP8	102.70	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	31,728.0	0.K	215.0	161.0	0.K
SP9	33.29	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	31,728.0	0.K	215.0	161.0	0.K
SP10	174.59	161.25	174.59	인장	18	2,640	38,589.3	42,912.0	0.K	215.0	193.3	0.K
SP11	179.00	161.25	179.00	인장	18	2,640	39,562.8	42,912.0	0.K	215.0	198.2	0.K
SP12	64.29	161.25	161.25	인장	10	2,640	19,800.0	24,528.0	0.K	215.0	173.6	0.K
SP13	83.57	161.25	161.25	압축	10	2,640	19,800.0	31,728.0	0.K	215.0	134.2	0.K
SP14	104.60	161.25	161.25	압축	10	2,640	19,800.0	31,728.0	0.K	215.0	134.2	0.K

구 분	BOLT 규격		BOLT수 결정				Q_s (mm ³)	Q_v (mm ³)	I_s (mm ⁴)	I_v (mm ⁴)	p (mm)
			n_{treq}	n_{tuse}	판정	n					
SP1	M22	F13T	34	54	0.K	3	2.95E+07	8.28E+06	1.03E+11	2.26E+11	146.67
SP2	M22	F13T	34	54	0.K	3	2.95E+07	8.28E+06	1.03E+11	2.26E+11	146.67
SP3	M22	F13T	34	54	0.K	3	3.10E+07	2.32E+07	1.10E+11	1.60E+11	146.67
SP4	M22	F13T	68	75	0.K	5	6.51E+07	5.29E+07	2.07E+11	2.72E+11	176.00
SP5	M22	F13T	66	75	0.K	5	6.51E+07	5.30E+07	2.05E+11	2.69E+11	176.00
SP6	M22	F13T	41	54	0.K	3	3.58E+07	1.10E+07	1.18E+11	2.51E+11	146.67
SP7	M22	F13T	41	54	0.K	3	3.67E+07	1.16E+07	1.22E+11	2.64E+11	146.67
SP8	M22	F13T	41	54	0.K	3	3.67E+07	1.16E+07	1.22E+11	2.64E+11	146.67
SP9	M22	F13T	41	54	0.K	3	3.58E+07	1.10E+07	1.18E+11	2.51E+11	146.67
SP10	M22	F13T	66	75	0.K	5	6.51E+07	5.30E+07	2.05E+11	2.69E+11	176.00
SP11	M22	F13T	68	75	0.K	5	6.51E+07	5.29E+07	2.07E+11	2.72E+11	176.00
SP12	M22	F13T	34	54	0.K	3	3.10E+07	2.32E+07	1.10E+11	1.60E+11	146.67
SP13	M22	F13T	34	54	0.K	3	2.95E+07	8.28E+06	1.03E+11	2.26E+11	146.67
SP14	M22	F13T	34	54	0.K	3	2.95E+07	8.28E+06	1.03E+11	2.26E+11	146.67

구 분	BOLT 응력 검토(N/ea)					A_n (mm ²)	모재 응력 검토(MPa)		
	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정		f_{sa}	f	판정
SP1	1.26E+05	7.88E+04	4.34E+03	7.90E+04	0.K	-	-	-	-
SP2	1.26E+05	7.88E+04	9.04E+03	7.93E+04	0.K	-	-	-	-
SP3	1.26E+05	7.88E+04	2.13E+04	8.17E+04	0.K	2.19E+04	215.0	194.4	0.K
SP4	1.26E+05	1.13E+05	2.46E+04	1.16E+05	0.K	4.08E+04	215.0	208.7	0.K
SP5	1.26E+05	1.11E+05	2.60E+04	1.14E+05	0.K	4.08E+04	215.0	203.5	0.K
SP6	1.26E+05	9.46E+04	1.80E+04	9.63E+04	0.K	-	-	-	-
SP7	1.26E+05	9.46E+04	7.52E+03	9.49E+04	0.K	-	-	-	-
SP8	1.26E+05	9.46E+04	7.51E+03	9.49E+04	0.K	-	-	-	-
SP9	1.26E+05	9.46E+04	1.80E+04	9.63E+04	0.K	-	-	-	-
SP10	1.26E+05	1.11E+05	2.61E+04	1.14E+05	0.K	4.08E+04	215.0	203.5	0.K
SP11	1.26E+05	1.13E+05	2.46E+04	1.16E+05	0.K	4.08E+04	215.0	208.6	0.K
SP12	1.26E+05	7.88E+04	2.13E+04	8.17E+04	0.K	2.19E+04	215.0	194.4	0.K
SP13	1.26E+05	7.88E+04	9.04E+03	7.94E+04	0.K	-	-	-	-
SP14	1.26E+05	7.88E+04	4.34E+03	7.90E+04	0.K	-	-	-	-

구 분	RIB 두께 (mm)	RIB 폭 (mm)	BOLT수 결정			RIB이음판단면적검토(mm ²)			상부이음판응력검토(MPa)		
			n_{req}	n_{use}	판정	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP2	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP3	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP4	12.0	120.0	3	3	0.K	1,199.2	1500.0	0.K	215.0	171.9	0.K
SP5	12.0	120.0	2	3	0.K	1,169.1	1500.0	0.K	215.0	167.6	0.K
SP6	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP7	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP8	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP9	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP10	12.0	120.0	2	3	0.K	1,169.4	1500.0	0.K	215.0	167.6	0.K
SP11	12.0	120.0	3	3	0.K	1,198.9	1500.0	0.K	215.0	171.8	0.K
SP12	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP13	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K
SP14	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1600.0	0.K	215.0	145.1	0.K

• 하부 플랜지 연결부 관련 검토

구 분	하부플랜지이음부설계응력(MPa)				모재 두께 (mm)	모재 길이 (mm)	하부이음판단면적검토(mm ²)			하부이음판 응력검토(MPa)		
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	구분			A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	139.14	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	29,520.0	0.K	215.0	173.0	0.K
SP2	125.56	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	29,520.0	0.K	215.0	173.0	0.K
SP3	108.05	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	35,840.0	0.K	215.0	142.5	0.K
SP4	185.00	161.25	185.00	압축	20	2,640	45,433.5	53,760.0	0.K	215.0	181.7	0.K
SP5	181.72	161.25	181.72	압축	20	2,640	44,627.5	53,760.0	0.K	215.0	178.5	0.K
SP6	41.80	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	27,840.0	0.K	215.0	183.5	0.K
SP7	148.20	161.25	161.25	인장	16	2,640	31,680.0	36,900.0	0.K	215.0	184.6	0.K
SP8	148.23	161.25	161.25	인장	16	2,640	31,680.0	36,900.0	0.K	215.0	184.6	0.K
SP9	41.86	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	27,840.0	0.K	215.0	183.5	0.K
SP10	181.75	161.25	181.75	압축	20	2,640	44,634.6	53,760.0	0.K	215.0	178.5	0.K
SP11	184.97	161.25	184.97	압축	20	2,640	45,424.5	53,760.0	0.K	215.0	181.7	0.K
SP12	108.13	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	35,840.0	0.K	215.0	142.5	0.K
SP13	125.58	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	29,520.0	0.K	215.0	173.0	0.K
SP14	139.14	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	29,520.0	0.K	215.0	173.0	0.K

구 분	BOLT 규격		BOLT수 결정				Q_s (mm ³)	Q_v (mm ³)	I_s (mm ⁴)	I_v (mm ⁴)	p (mm)
			n_{req}	n_{use}	판정	n					
SP1	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.47E+07	6.01E+07	1.03E+11	2.26E+11	114.78
SP2	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.47E+07	6.01E+07	1.03E+11	2.26E+11	114.78
SP3	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.28E+07	4.23E+07	1.10E+11	1.60E+11	132.00
SP4	M22	F13T	78	100	0.K	5	6.27E+07	7.62E+07	2.07E+11	2.72E+11	132.00
SP5	M22	F13T	77	100	0.K	5	6.27E+07	7.61E+07	2.05E+11	2.69E+11	132.00
SP6	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.43E+07	5.91E+07	1.18E+11	2.51E+11	132.00
SP7	M22	F13T	55	69	0.K	3	4.46E+07	7.81E+07	1.22E+11	2.64E+11	114.78
SP8	M22	F13T	55	69	0.K	3	4.46E+07	7.81E+07	1.22E+11	2.64E+11	114.78
SP9	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.43E+07	5.91E+07	1.18E+11	2.51E+11	132.00
SP10	M22	F13T	77	100	0.K	5	6.27E+07	7.61E+07	2.05E+11	2.69E+11	132.00
SP11	M22	F13T	78	100	0.K	5	6.27E+07	7.62E+07	2.07E+11	2.72E+11	132.00
SP12	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.28E+07	4.23E+07	1.10E+11	1.60E+11	132.00
SP13	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.47E+07	6.01E+07	1.03E+11	2.26E+11	114.78
SP14	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.47E+07	6.01E+07	1.03E+11	2.26E+11	114.78

구 분	BOLT 합성 응력 검토(N/ea)					A_n (mm ²)	모재 응력 검토(MPa)		
	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정		f_{sa}	f	판정
SP1	1.26E+05	7.40E+04	9.08E+03	7.46E+04	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP2	1.26E+05	7.40E+04	1.43E+04	7.54E+04	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP3	1.26E+05	8.51E+04	2.53E+04	8.88E+04	0.K	-	-	-	-
SP4	1.26E+05	9.77E+04	2.14E+04	1.00E+05	0.K	-	-	-	-
SP5	1.26E+05	9.59E+04	2.25E+04	9.86E+04	0.K	-	-	-	-
SP6	1.26E+05	8.51E+04	2.49E+04	8.87E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP7	1.26E+05	9.87E+04	1.34E+04	9.96E+04	0.K	33,040.00	215.0	206.2	0.K
SP8	1.26E+05	9.87E+04	1.34E+04	9.96E+04	0.K	33,040.00	215.0	206.2	0.K
SP9	1.26E+05	8.51E+04	2.49E+04	8.87E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP10	1.26E+05	9.60E+04	2.26E+04	9.86E+04	0.K	-	-	-	-
SP11	1.26E+05	9.77E+04	2.13E+04	1.00E+05	0.K	-	-	-	-
SP12	1.26E+05	8.51E+04	2.53E+04	8.88E+04	0.K	-	-	-	-
SP13	1.26E+05	7.40E+04	1.43E+04	7.54E+04	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP14	1.26E+05	7.40E+04	9.08E+03	7.46E+04	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K

구 분	RIB 두께 (mm)	RIB 폭 (mm)	BOLT수 결정			RIB이음판단면적검토(mm ²)			하부이음판응력검토(MPa)		
			n_{req}	n_{use}	판정	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP2	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP3	14.0	150.0	3	3	0.K	1,575.0	2080.0	0.K	215.0	162.8	0.K
SP4	14.0	150.0	4	4	0.K	1,807.0	2080.0	0.K	215.0	186.8	0.K
SP5	14.0	150.0	4	4	0.K	1,775.0	2080.0	0.K	215.0	183.5	0.K
SP6	14.0	150.0	3	3	0.K	1,575.0	1680.0	0.K	215.0	201.6	0.K
SP7	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP8	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP9	14.0	150.0	3	3	0.K	1,575.0	1680.0	0.K	215.0	201.6	0.K
SP10	14.0	150.0	4	4	0.K	1,775.2	2080.0	0.K	215.0	183.5	0.K
SP11	14.0	150.0	4	4	0.K	1,806.7	2080.0	0.K	215.0	186.7	0.K
SP12	14.0	150.0	3	3	0.K	1,575.0	2080.0	0.K	215.0	162.8	0.K
SP13	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K
SP14	12.0	120.0	2	3	0.K	1,080.0	1200.0	0.K	215.0	193.5	0.K

• WEB 연결부 관련 검토 (좌측 WEB)

구 분	BOX 높이(mm)		WEB 두께 (mm)	h_o (mm)	WEB 이음부설계응력(MPa)					
	평균높이	계산높이			f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
SP1	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP2	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP3	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP4	2,537	2,633	12	1,338	185.00	161.99	148.16	134.34	120.51	106.68
SP5	2,537	2,633	12	1,343	181.72	159.20	145.67	132.14	118.61	105.07
SP6	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP7	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP8	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP9	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP10	2,537	2,633	12	1,343	181.75	159.22	145.69	132.16	118.62	105.09
SP11	2,537	2,633	12	1,338	184.97	161.96	148.14	134.31	120.49	106.67
SP12	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP13	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29
SP14	2,200	2,296	12	1,148	161.25	140.48	126.43	112.38	98.34	84.29

구 분	BOLT 개수(ea)						접합선 직각 방향 BOLT 응력 검토(N/ea)						
	n_t	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	ρ_{sa}	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	판정
SP1	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP2	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP3	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP4	62	4	4	4	2	2	126,000	86,630	46,523	42,374	76,453	68,158	0.K
SP5	62	4	4	4	2	2	126,000	85,103	45,731	41,671	75,223	67,103	0.K
SP6	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP7	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP8	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP9	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP10	62	4	4	4	2	2	126,000	85,127	45,737	41,676	75,232	67,112	0.K
SP11	62	4	4	4	2	2	126,000	86,602	46,515	42,368	76,442	68,146	0.K
SP12	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP13	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K
SP14	50	3	3	3	2	2	126,000	89,220	53,383	47,763	63,216	54,787	0.K

구 분	BOLT 합성 응력 검토(N/ea)					WEB 강성(mm ⁴)		WEB 작용력(N·mm)	
	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_s	ρ	판정	I_{sw}	I_{vw}	M_{sw}	M_{vw}
SP1	126,000.00	89,219.86	13,809.03	90,282.18	0.K	1.21E+10	2.99E+10	7.78E+08	1.08E+09
SP2	126,000.00	89,219.86	16,679.43	90,765.56	0.K	1.21E+10	2.99E+10	5.43E+08	1.20E+09
SP3	126,000.00	89,219.86	25,711.51	92,850.76	0.K	1.22E+10	1.37E+10	2.50E+08	5.91E+08
SP4	126,000.00	86,630.00	27,158.84	90,787.44	0.K	1.84E+10	1.93E+10	1.44E+09	1.10E+09
SP5	126,000.00	85,102.76	30,864.59	90,526.81	0.K	1.84E+10	1.93E+10	1.42E+09	1.06E+09
SP6	126,000.00	89,219.86	30,009.67	94,131.63	0.K	1.21E+10	2.84E+10	4.33E+07	5.79E+08
SP7	126,000.00	89,219.86	16,432.29	90,720.47	0.K	1.21E+10	2.79E+10	8.60E+08	1.10E+09
SP8	126,000.00	89,219.86	16,430.89	90,720.21	0.K	1.21E+10	2.79E+10	8.60E+08	1.10E+09
SP9	126,000.00	89,219.86	30,017.16	94,134.01	0.K	1.21E+10	2.84E+10	4.35E+07	5.79E+08
SP10	126,000.00	85,126.83	30,880.00	90,554.69	0.K	1.84E+10	1.93E+10	1.42E+09	1.06E+09
SP11	126,000.00	86,601.74	27,126.46	90,750.79	0.K	1.84E+10	1.93E+10	1.44E+09	1.10E+09
SP12	126,000.00	89,219.86	25,712.88	92,851.15	0.K	1.22E+10	1.37E+10	2.50E+08	5.91E+08
SP13	126,000.00	89,219.86	16,682.43	90,766.11	0.K	1.21E+10	2.99E+10	5.42E+08	1.20E+09
SP14	126,000.00	89,219.86	13,818.30	90,283.60	0.K	1.21E+10	2.99E+10	7.78E+08	1.08E+09

구 분	WEB 이음판 강성(mm ⁴)		합성전 이음판까지 거리(mm)		합성후 이음판까지 거리(mm)		이음판 상하연 응력검토(MPa)			
	I_{sw}	I_{vw}	y_{su}	y_{sl}	$y_{su,v}$	$y_{sl,v}$	f_{su}	f_u	f_l	판정
SP1	1.38E+10	3.63E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	7.26E+01	1.19E+02	0.K
SP2	1.38E+10	3.63E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	5.46E+01	1.06E+02	0.K
SP3	1.39E+10	1.58E+10	1,181.09	1,040.91	882.35	1,339.65	2.15E+02	5.41E+01	6.87E+01	0.K
SP4	2.05E+10	2.17E+10	1,377.90	1,197.10	1,121.18	1,453.82	2.15E+02	1.53E+02	1.57E+02	0.K
SP5	2.05E+10	2.17E+10	1,378.04	1,196.96	1,123.82	1,451.18	2.15E+02	1.50E+02	1.53E+02	0.K
SP6	1.38E+10	3.45E+10	1,136.46	1,087.54	353.94	1,870.06	2.15E+02	9.50E+00	3.48E+01	0.K
SP7	1.39E+10	3.38E+10	1,165.15	1,062.85	371.52	1,856.48	2.15E+02	8.44E+01	1.26E+02	0.K
SP8	1.39E+10	3.38E+10	1,165.15	1,062.85	371.52	1,856.48	2.15E+02	8.44E+01	1.26E+02	0.K
SP9	1.38E+10	3.45E+10	1,136.46	1,087.54	353.94	1,870.06	2.15E+02	9.52E+00	3.48E+01	0.K
SP10	2.05E+10	2.17E+10	1,378.04	1,196.96	1,123.82	1,451.18	2.15E+02	1.50E+02	1.54E+02	0.K
SP11	2.05E+10	2.17E+10	1,377.90	1,197.10	1,121.18	1,453.82	2.15E+02	1.53E+02	1.57E+02	0.K
SP12	1.39E+10	1.58E+10	1,181.09	1,040.91	882.35	1,339.65	2.15E+02	5.42E+01	6.88E+01	0.K
SP13	1.38E+10	3.63E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	5.46E+01	1.06E+02	0.K
SP14	1.38E+10	3.63E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	7.26E+01	1.19E+02	0.K

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	$I(\text{mm}^4)$
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	5.85E+07	-
	2 - 1,920.0 × 8	30,720.0	-	-	-	9.44E+09	-
	합 계	39,680.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	9.50E+09	2.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	5.85E+07	-
	2 - 1,920.0 × 8	30,720.0	-	-	-	9.44E+09	-
	합 계	39,680.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	9.50E+09	2.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	5.85E+07	-
	2 - 1,920.0 × 8	30,720.0	-	-	-	9.44E+09	-
	합 계	39,680.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	9.50E+09	2.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	5.85E+07	-
	2 - 1,920.0 × 8	30,720.0	-	-	-	9.44E+09	-
	합 계	39,680.0	1,100.0	9.86E+06	1.08E+10	9.50E+09	2.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,620.0 × 8	25,920.0	-	-	-	5.67E+09	-
	합 계	34,880.0	950.0	8.51E+06	8.09E+09	5.73E+09	1.38E+10

• WEB 연결부 관련 검토 (우측 WEB)

구 분	BOX 높이(mm)		WEB 두께 (mm)	h_o (mm)	WEB 이음부설계응력(MPa)					
	평균높이	계산높이			f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
SP1	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP2	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP3	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP4	2,537	2,441	12	1,241	185.00	160.19	145.28	130.36	115.45	100.54
SP5	2,537	2,441	12	1,245	181.72	157.44	142.84	128.25	113.66	99.06
SP6	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP7	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP8	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP9	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP10	2,537	2,441	12	1,245	181.75	157.46	142.86	128.27	113.67	99.08
SP11	2,537	2,441	12	1,241	184.97	160.16	145.25	130.34	115.43	100.53
SP12	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP13	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29
SP14	2,200	2,104	12	1,052	161.25	138.59	123.27	107.94	92.61	77.29

구 분	BOLT 개수(ea)						접합선 직각 방향 BOLT 응력 검토(N/ea)						
	n_t	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	ρ_{sa}	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	판정
SP1	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP2	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP3	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP4	58	4	4	4	2	2	126,000	86,180	45,819	41,345	73,744	64,799	0.K
SP5	58	4	4	4	2	2	126,000	84,662	45,042	40,665	72,573	63,816	0.K
SP6	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP7	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP8	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP9	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP10	58	4	4	4	2	2	126,000	84,686	45,048	40,669	72,581	63,825	0.K
SP11	58	4	4	4	2	2	126,000	86,152	45,811	41,339	73,734	64,788	0.K
SP12	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP13	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K
SP14	46	3	3	3	2	2	126,000	88,661	52,371	46,241	60,166	50,971	0.K

구 분	BOLT 합성 응력 검토(N/ea)					WEB 강성(mm ⁴)		WEB 작용력(N·mm)	
	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_s	ρ	판정	I_{sw}	I_{vw}	M_{sw}	M_{vw}
SP1	126,000.00	88,661.31	15,009.81	89,922.87	0.K	9.32E+09	2.56E+10	5.99E+08	9.25E+08
SP2	126,000.00	88,661.31	18,129.81	90,495.96	0.K	9.32E+09	2.56E+10	4.18E+08	1.03E+09
SP3	126,000.00	88,661.31	27,947.29	92,961.71	0.K	9.41E+09	1.08E+10	1.93E+08	4.65E+08
SP4	126,000.00	86,179.61	29,031.87	90,938.30	0.K	1.47E+10	1.56E+10	1.15E+09	8.85E+08
SP5	126,000.00	84,662.08	32,993.18	90,863.73	0.K	1.47E+10	1.55E+10	1.13E+09	8.50E+08
SP6	126,000.00	88,661.31	32,619.21	94,471.38	0.K	9.32E+09	2.43E+10	3.33E+07	4.94E+08
SP7	126,000.00	88,661.31	17,861.18	90,442.52	0.K	9.35E+09	2.38E+10	6.63E+08	9.37E+08
SP8	126,000.00	88,661.31	17,859.66	90,442.22	0.K	9.35E+09	2.38E+10	6.63E+08	9.37E+08
SP9	126,000.00	88,661.31	32,627.34	94,474.19	0.K	9.32E+09	2.43E+10	3.35E+07	4.95E+08
SP10	126,000.00	84,685.96	33,009.65	90,891.97	0.K	1.47E+10	1.55E+10	1.13E+09	8.50E+08
SP11	126,000.00	86,151.56	28,997.25	90,900.67	0.K	1.47E+10	1.56E+10	1.15E+09	8.85E+08
SP12	126,000.00	88,661.31	27,948.79	92,962.16	0.K	9.41E+09	1.08E+10	1.93E+08	4.66E+08
SP13	126,000.00	88,661.31	18,133.08	90,496.61	0.K	9.32E+09	2.56E+10	4.18E+08	1.03E+09
SP14	126,000.00	88,661.31	15,019.89	89,924.55	0.K	9.32E+09	2.56E+10	5.99E+08	9.25E+08

구 분	WEB 이음판 강성(mm ⁴)		합성전 이음판까지 거리(mm)		합성후 이음판까지 거리(mm)		이음판 상하연 응력검토(MPa)			
	I_{sw}	I_{vw}	y_{su}	y_{sl}	$y_{su,v}$	$y_{sl,v}$	f_{sa}	f_u	f_l	판정
SP1	1.03E+10	3.08E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	7.45E+01	1.21E+02	0.K
SP2	1.03E+10	3.08E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	5.59E+01	1.08E+02	0.K
SP3	1.05E+10	1.22E+10	1,181.09	1,040.91	882.35	1,339.65	2.15E+02	5.55E+01	7.04E+01	0.K
SP4	1.60E+10	1.71E+10	1,377.90	1,197.10	1,121.18	1,453.82	2.15E+02	1.57E+02	1.61E+02	0.K
SP5	1.60E+10	1.70E+10	1,378.04	1,196.96	1,123.82	1,451.18	2.15E+02	1.54E+02	1.57E+02	0.K
SP6	1.04E+10	2.91E+10	1,136.46	1,087.54	353.94	1,870.06	2.15E+02	9.66E+00	3.52E+01	0.K
SP7	1.04E+10	2.85E+10	1,165.15	1,062.85	371.52	1,856.48	2.15E+02	8.65E+01	1.29E+02	0.K
SP8	1.04E+10	2.85E+10	1,165.15	1,062.85	371.52	1,856.48	2.15E+02	8.65E+01	1.29E+02	0.K
SP9	1.04E+10	2.91E+10	1,136.46	1,087.54	353.94	1,870.06	2.15E+02	9.69E+00	3.53E+01	0.K
SP10	1.60E+10	1.70E+10	1,378.04	1,196.96	1,123.82	1,451.18	2.15E+02	1.54E+02	1.57E+02	0.K
SP11	1.60E+10	1.71E+10	1,377.90	1,197.10	1,121.18	1,453.82	2.15E+02	1.57E+02	1.61E+02	0.K
SP12	1.05E+10	1.22E+10	1,181.09	1,040.91	882.35	1,339.65	2.15E+02	5.55E+01	7.05E+01	0.K
SP13	1.03E+10	3.08E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	5.59E+01	1.08E+02	0.K
SP14	1.03E+10	3.08E+10	1,121.35	1,100.65	318.47	1,903.53	2.15E+02	7.45E+01	1.21E+02	0.K

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	$I(\text{mm}^4)$
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,720.0 × 8	27,520.0	-	-	-	6.78E+09	-
	합 계	36,480.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	6.84E+09	1.58E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,720.0 × 8	27,520.0	-	-	-	6.78E+09	-
	합 계	36,480.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	6.84E+09	1.58E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,720.0 × 8	27,520.0	-	-	-	6.78E+09	-
	합 계	36,480.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	6.84E+09	1.58E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,720.0 × 8	27,520.0	-	-	-	6.78E+09	-
	합 계	36,480.0	1,000.0	8.96E+06	8.96E+09	6.84E+09	1.58E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10
SP1	4 - 280.0 × 8	8,960.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	5.85E+07	-
	2 - 1,420.0 × 8	22,720.0	-	-	-	3.82E+09	-
	합 계	31,680.0	850.0	7.62E+06	6.47E+09	3.88E+09	1.03E+10

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전단하는 필릿용접의 치수는 최소치수 이상, 용접부의 얇은 쪽 모재 두께 미만으로 한다.

(2010 도.설 2010, 3.5.2.4)

$$t_1 > S \geq 6\text{mm} \quad (t_2 \leq 20\text{mm})$$

$$t_1 > S \geq 8\text{mm} \quad (t_2 > 20\text{mm})$$

t_1 : 얇은 쪽의 모재의 두께(mm)

t_2 : 두꺼운 쪽의 모재의 두께(mm)

S : 치수(mm)

1) Bieup F.L와 Bieup Web의 용접부 검토

(1) 필릿용접 치수 검토

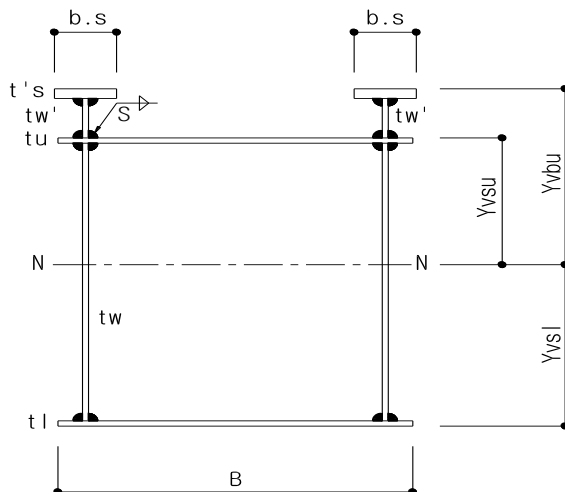
t_u : 상부 플랜지 두께 t_l : 하부 플랜지 두께 t_w : 복부판 두께 (단위 : mm)

구 분	모재의 사용두께			Bieup F.L와 Bieup Web				상부플랜지와 Bieup Web				비 고
	t_s	t_u	t_w	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정	
단면 - 1	0.0	10.0	0.0									
단면 - 2	0.0	10.0	0.0									
단면 - 3	0.0	10.0	0.0									
단면 - 4	0.0	18.0	0.0									
단면 - 5	0.0	18.0	0.0									
단면 - 6	34.0	18.0	12.0	8.0	12.0	8.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 7	0.0	12.0	0.0									
단면 - 8	0.0	12.0	0.0									
단면 - 9	0.0	12.0	0.0									

(2) 용접부의 응력 검토

용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로표 표준시방서 P26)

$$u = (V \cdot Q) / (I_v \cdot \sum a) < u_a$$



여기서,

u : 전단 응력 (MPa)

u_a : 허용전단 응력 (MPa) (2010 도.설.해 3.3.2.1)

V : 총 작용 전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면1차모멘트(mm^3)

$$Q = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$(y = y_{su, v(l)} - t_{u(l)}/2)$$

I_v : 총단면의 중립축에 관한 단면2차모멘트(mm^4)

$\sum a$: 필릿 용접의 목두께의 합(mm)

$$\sum a = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

s : 필릿 용접 치수 (mm)

▪ 응력 검토 결과

① Bieup F.L와 Bieup Web

구 분	V_{max} kN	t_s mm	bs mm	A mm ²	Y_{vbu} mm	Q mm ³	I_v mm ⁴	s mm	Σa mm	σ MPa	σ_a MPa	비고
단면-1	2,027.3											
단면-2	1,763.3											
단면-3	1,826.5											
단면-4	2,166.7											
단면-5	2,798.1											
단면-6	3,189.0	34	400.0	13,600.0	1,424	1.91E+07	4.37E+11	8	23	6.2	125.0	0.K
단면-7	3,646.8											
단면-8	2,378.0											
단면-9	1,887.1											

② 상부플랜지와 Bieup Web

구 분	V_{max} kN	t_u mm	B mm	A mm ²	Y_{vsu} mm	Q mm ³	I_v mm ⁴	s mm	Σa mm	σ MPa	σ_a MPa	비고
단면-1	2,027.3											
단면-2	1,763.3											
단면-3	1,826.5											
단면-4	2,166.7											
단면-5	2,798.1											
단면-6	3,189.0	18	2,240.0	40,320.0	1,222	4.89E+07	4.37E+11	6	17	21.1	125.0	0.K
단면-7	3,646.8											
단면-8	2,378.0											
단면-9	1,887.1											

2) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

(1) 필릿용접 치수 검토

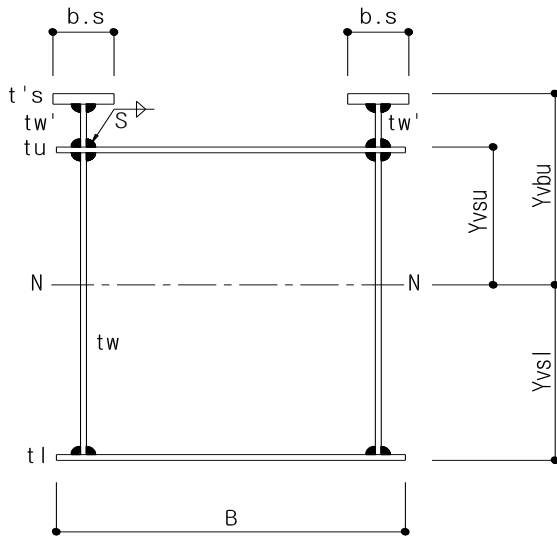
t_u : 상부 플랜지 두께 t_l : 하부 플랜지 두께 t_w : 복부판 두께 (단위 : mm)

구 분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판				비 고
	t_u	t_l	t_w	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정	S_{min}	S_{max}	S_{use}	판정	
단면 - 1	10.0	12.0	12.0	6.0	10.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 2	10.0	12.0	12.0	6.0	10.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 3	10.0	12.0	12.0	6.0	10.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 4	18.0	20.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 5	18.0	20.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 6	18.0	28.0	14.0	6.0	14.0	6.0	0.K	8.0	14.0	8.0	0.K	
단면 - 7	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 8	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 9	12.0	16.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	

(2) 용접부의 응력 검토

용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로표 표준시방서 P26)

$$u = (V \cdot Q) / (I_v \cdot \Sigma a) < u_a$$



여기서,

u : 전단 응력 (MPa)

u_a : 허용전단 응력 (MPa) (표.설.해 3.3.2.1)

V : 총 작용 전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에
관한 단면1차모멘트(mm^3)

$$Q = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$(y = y_{su,v} - t_{u(l)}/2)$$

I_v : 총단면의 중립축에 관한 단면2차모멘트(mm^4)

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합(mm)

$$\Sigma a = 4EA \times s / \sqrt{2}$$

s : 필릿 용접 치수 (mm)

▪ 응력 검토 결과

① 상부 플랜지와 복부판

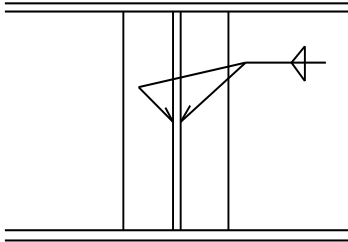
구 분	V_{max} kN	t_u mm	B mm	A mm^2	$y_{su,v}$ mm	Q mm^3	I_v mm^4	s mm	Σa mm	u MPa	u_a MPa	비고
단면-1	2,129.6	10	2,640.0	26,400.0	68	1.67E+06	2.29E+11	6	17	0.9	125.0	0.K
단면-2	1,856.1	10	2,640.0	26,400.0	318	8.28E+06	2.27E+11	6	17	4.0	125.0	0.K
단면-3	2,197.6	10	2,640.0	26,400.0	358	9.33E+06	2.51E+11	6	17	4.8	125.0	0.K
단면-4	2,828.0	18	2,640.0	47,520.0	979	4.61E+07	2.26E+11	6	17	34.0	125.0	0.K
단면-5	3,109.3	18	2,640.0	47,520.0	1,100	5.18E+07	2.68E+11	6	17	35.5	125.0	0.K
단면-6	3,567.1	18	2,640.0	47,520.0	1,222	5.77E+07	4.37E+11	6	17	27.8	125.0	0.K
단면-7	2,399.9	12	2,640.0	31,680.0	354	1.10E+07	2.51E+11	6	17	6.2	125.0	0.K
단면-8	1,900.6	12	2,640.0	31,680.0	315	9.77E+06	2.27E+11	6	17	4.8	125.0	0.K
단면-9	1,188.8	12	2,640.0	31,680.0	372	1.16E+07	2.65E+11	6	17	3.1	125.0	0.K

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	V_{max} kN	t_l mm	B mm	A mm^2	$y_{sl,v}$ mm	Q mm^3	I_v mm^4	s mm	Σa mm	u MPa	u_a MPa	비고
단면-1	2,129.6	12	2,640.0	31,680.0	1,954	6.17E+07	2.29E+11	6	17	33.8	125.0	0.K
단면-2	1,856.1	12	2,640.0	31,680.0	1,904	6.01E+07	2.27E+11	6	17	29.0	125.0	0.K
단면-3	2,197.6	12	2,640.0	31,680.0	1,864	5.88E+07	2.51E+11	6	17	30.3	125.0	0.K
단면-4	2,828.0	20	2,640.0	52,800.0	1,313	6.88E+07	2.26E+11	6	17	50.8	125.0	0.K
단면-5	3,109.3	20	2,640.0	52,800.0	1,432	7.51E+07	2.68E+11	6	17	51.4	125.0	0.K
단면-6	3,567.1	28	2,640.0	73,920.0	1,624	1.19E+08	4.37E+11	8	23	43.0	125.0	0.K
단면-7	2,399.9	12	2,640.0	31,680.0	1,870	5.91E+07	2.51E+11	6	17	33.2	125.0	0.K
단면-8	1,900.6	12	2,640.0	31,680.0	1,909	6.03E+07	2.27E+11	6	17	29.7	125.0	0.K
단면-9	1,188.8	16	2,640.0	42,240.0	1,856	7.81E+07	2.65E+11	6	17	20.6	125.0	0.K

2) 지점부 보강재 용접부 검토

(1) 교 대 부



$$R_{max} = 2,462.110 \text{ kN}$$

$$\text{필릿용접 치수 } s = 6.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용 보강재 } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2,000$$

$$\text{용접 목 두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.24 \text{ mm}$$

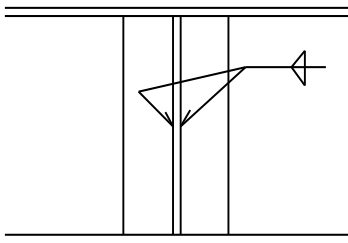
전단 응력

$$v = P / (\sum a \cdot l)$$

$$= 2,462.1 / 8 \text{ ea} \times 4.24 \times 2,000$$

$$= 36.270 \text{ MPa} \leq v_a = 125 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(2) 교 각 부



$$R_{max} = 7,090.450 \text{ kN}$$

$$\text{필릿용접 치수 } s = 8.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용 보강재 } 6 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 2,800$$

$$\text{용접 목 두께 } a = s / \sqrt{2} = 5.66 \text{ mm}$$

전단 응력

$$v = P / (\sum a \cdot l)$$

$$= 7,090.5 / 12 \text{ ea} \times 5.66 \times 2,800$$

$$= 37.304 \text{ MPa} \leq v_a = 125 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

6. 보강재의 설계

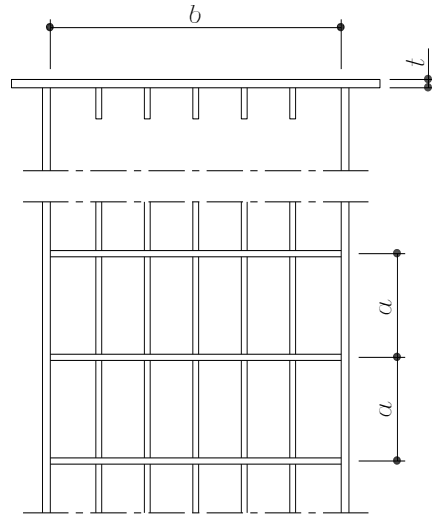
6.1 보강재의 설계

6.1.1 플랜지 보강재

(1) 종방향 리브의 설계 (SM520 사용)

(도.설.해 3.4.2.4)

[단 면 - 1] : 절점 2 로 부터 이격거리 1.947 m



종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel 의 수	:	$n = 6$	
횡방향 보강재의 간격	:	$a = 1,250$ mm	
플랜지의 고정연 사이의 거리	:	$b = 2,400$ mm	
플랜지의 두께	:	$t = 10$ mm	
사용 리브의 폭	:	$b_{vr} = 120$ mm	
리브의 최소두께	:	$b_{vr}/16 = 120 / 16 = 7.50$ mm	$\leq t_{vr} = 12$ mm 사용 0.K !!
리브1개의 사용단면적	:	$A_{l(USE)} = b_{vr} \times t_{vr} = 12.0 \times 120.0$	= 1,440.0 mm ²
리브1개의 단면2차모멘트	:	$I_{l(USE)} = t_{vr} \cdot b_{vr}^3 / 3 = 12 \times 120^3 / 3$	= 6.912E+06 mm ⁴
종방향 리브1개의 강비	:	$r_l = (I_l / b \cdot t^3) / 10.92 = 6,912,000 / (2,400 \times 10^3 / 10.92)$	= 31.450
보강판의 형상비	:	$\alpha = a / b = 1,250 / 2,400$	= 0.521
한계 형상비	:	$\alpha_o = \sqrt[4]{1 + n r_l} = \sqrt[4]{1 + 6 \times 31.450}$	= 3.711
종방향 리브1개의 단면적비	:	$\delta_l = A_l / b \cdot t = 1,440 / (2,400 \times 10)$	= 0.060
응력 구배 계수	:	$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0$ (도.설.해 3.4.2.3)	
		$= 0.65 \cdot (0.0/6)^2 + 0.13 \cdot (0.0/6) + 1.0$	= 1.000
		$\therefore \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$	
		여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양면응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며	
		압축응력을 정(+)으로 한다.	
보강되는 판의 두께	:	$t_o = b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400 / (23 \times 1.000 \times 6)$	= 17.391

▪ 종방향 보강재의 소요강비

(도.설.해 3.4.2.4)

$\alpha \leq \alpha_o$ 이며 $t < t_o$ 이므로

$$r_l^* = 4\alpha^2 n (1 + n\delta_l) - (\alpha^2 + 1)^2 / n$$

$$= 8.585$$

$$I_{l(req)} = b \cdot t^3 \cdot r_l^* / 10.92 = 1.887E+06 \text{ mm}^4 \leq I_{l(USE)} = 6.912E+06 \text{ mm}^4 \quad \text{..... 0.K !!}$$

$$A_{l(req)} = b \cdot t / 10 \cdot n = 400.0 \text{ mm}^2 \leq A_{l(USE)} = 1,440.0 \text{ mm}^2 \quad \text{..... 0.K !!}$$

▪ 종방향 보강재의 압축응력 검토

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b_{vr} / 10.5 = 11.4 \leq t_{vr} = 12.0$$

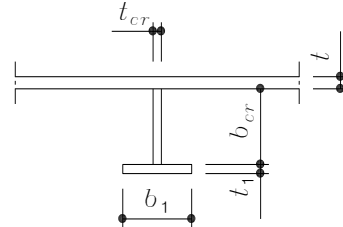
$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \geq f_c = 84.7 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$b_{vr} / 16.0 = 7.5 < t_{vr} = 12.0 > b_{vr} / 10.5 = 11.4$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 24,000 (t_{vr}/b_{vr})^2 = 240.0 \text{ MPa} \geq f_c = 84.7 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

횡방향 리브의 폭 : $b_{cr} = 250 \text{ mm}$
 횡방향 리브의 두께 : $t_{cr} = 10 \text{ mm}$
 횡방향 리브 보강재 폭 : $b_1 = 120 \text{ mm}$
 횡방향 리브 보강재 두께 : $t_1 = 10 \text{ mm}$



리브의 필요단면2차 모멘트

$$I_{t(req)} = b \cdot t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n \cdot r^*) / 4 \alpha^3\} = 2.042\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

사용 리브의 단면2차 모멘트

$$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3 / 3 + b_1 \cdot t_1^3 / 12 + A_1 \cdot y^2$$

$$= 10 \times 250^3 / 3 + 120 \times 10^3 / 12 + 1,200 \times 255^2 = 1.301\text{E}+08 \text{ mm}^4 \geq I_{t(req)} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

6.1.2 WEB 보강재

(1) 수직 보강재의 설계 (SM400 사용)

수평 보강재 사용 단수 : $n = 1$
 복부판의 연섬유 압축응력 : $f = 84.7 \text{ MPa}$
 복부판의 전단응력 : $v = 51.2 \text{ MPa}$
 사용 수직 보강재의 폭 : $b_{vs} = 150.0 \text{ mm}$ $b_{vs2} = 0.0 \text{ mm}$
 사용 수직 보강재의 두께 : $t_{vs} = 12.0 \text{ mm}$ $t_{vs2} = 0.0 \text{ mm}$
 사용 수직 보강재의 간격 : $a = 1,250.0 \text{ mm}$
 상·하 양 플랜지의 순간격 : $b = 2,000.0 \text{ mm}$
 복부판의 두께 : $t = 12.0 \text{ mm}$

▪ 수직 보강재 간격 검토

(도.설.해 3.8.5.1)

$$a / b = 1,250.0 / 2,000.0 = 0.625 \leq 1.500 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 수평 보강재 1단을 사용할 경우

$$a / b > 0.80 \quad [b / 100 \cdot t]^4 [\{f / 950\}^2 + \{v / (127 + 61(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 0.80 \quad [b / 100 \cdot t]^4 [\{f / 950\}^2 + \{v / (95 + 81(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 0.80 \quad \text{이므로} \Rightarrow 0.282 \leq 1 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 수직 보강재의 강도검토

(도.설.해 3.8.5.2)

- 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 2,000.0 \times 12.0^3 \times 20.480 / 10.92 = 6.482\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

- 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0 [b/a]^2 = 8.0 \times (2,000.0 / 1,250.0)^2 = 20.480$$

- 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 12.0 \times 150.0^3 + 0.0 \times 0.0^3 / 12 + 0.0 \times 150.0^2 = 1.350\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 1.350\text{E}+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 6.482\text{E}+06 \text{ mm}^4 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (도.설.해 3.8.5.2)

$$b_{vs(req)} = 2,000.0 / 30 + 50\text{mm} = 116.667 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 150.000 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{vs(req)} = 150.0 / 13 = 11.538 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 12.000 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- (2) 수평보강재의 설계 (SM520 사용) (도.설.해 3.8.6.2)

사용 수직 보강재의 간격 : $a = 1,250.0 \text{ mm}$

상·하 양 플랜지의 순간격 : $b = 2,000.0 \text{ mm}$

복부판의 두께 : $t = 12.0 \text{ mm}$

사용 수평 보강재의 폭 : $b_{hs} = 130.0 \text{ mm}$

사용 수평 보강재의 두께 : $t_{hs} = 10.0 \text{ mm} \geq t_{min} = b / 16 = 8.125 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$

- 수평 보강재의 강도검토

- 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 2,000.0 \times 12.0^3 \times 18.750 / 10.92 = 5.934\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

- 수평 보강재의 소요강비

$$r = 30.0[a/b] = 30.0 \times (1,250.0 / 2,000.0) = 18.750$$

- 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 10.0 \times 130.0^3 \times 1\text{ea} = 7.323\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 7.323\text{E}+06 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 5.934\text{E}+06 \text{ mm}^4 \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 수평보강재의 설치위치 (도.설.해 3.8.6.1)

수평보강재 1단을 사용할 경우에는 0.2b 부근에 배치한다.

압축측 플랜지로 부터 $0.2b = 0.2 \times 2,000 = 400.0\text{mm}$

종방향 리브의 설계

구분	n	a	b	t	b_{vr}	최소두께(t_{vr})			단 면 적(A_l)			i	t_o	절점
						필요	사용	판정	필요	사용	판정			
단면-1	6	1,250	2,400	10	120	8	12	0.K	400	1,440	0.K	1.000	17.391	2
단면-2	6	1,250	2,400	10	120	8	12	0.K	400	1,440	0.K	1.000	17.391	31
단면-3	6	1,250	2,400	10	120	8	12	0.K	400	1,440	0.K	1.000	17.391	30
단면-4	6	1,250	2,400	20	150	9	14	0.K	800	2,100	0.K	1.000	17.391	27
단면-5	6	1,250	2,400	20	150	9	14	0.K	800	2,100	0.K	1.000	17.391	26
단면-6	6	1,250	2,400	28	150	9	14	0.K	1,120	2,100	0.K	1.000	17.391	11
단면-7	6	1,250	2,400	12	120	8	12	0.K	480	1,440	0.K	1.000	17.391	21
단면-8	6	1,250	2,400	12	120	8	12	0.K	480	1,440	0.K	1.000	17.391	20
단면-9	6	1,250	2,400	12	120	8	12	0.K	480	1,440	0.K	1.000	17.391	18

구분	r_l	α	α_o	δ_l	r_l^*	강 성(I_l)			응 력(f)			절점
						필요	사용	판정	작용	허용	판정	
단면-1	31.450	0.521	3.711	0.060	8.585	1.89E+06	6.91E+06	0.K	65.1	215.0	0.K	2
단면-2	31.450	0.521	3.711	0.060	8.585	1.89E+06	6.91E+06	0.K	108.6	215.0	0.K	31
단면-3	31.450	0.521	3.711	0.060	8.585	1.89E+06	6.91E+06	0.K	79.1	215.0	0.K	30
단면-4	8.958	0.521	2.720	0.044	5.946	1.05E+07	1.58E+07	0.K	136.5	209.1	0.K	27
단면-5	8.958	0.521	2.720	0.044	5.946	1.05E+07	1.58E+07	0.K	179.7	209.1	0.K	26
단면-6	3.265	0.521	2.130	0.031	2.713	1.31E+07	1.58E+07	0.K	169.8	209.1	0.K	11
단면-7	18.200	0.521	3.240	0.050	8.194	3.11E+06	6.91E+06	0.K	59.1	215.0	0.K	21
단면-8	18.200	0.521	3.240	0.050	8.194	3.11E+06	6.91E+06	0.K	100.8	215.0	0.K	20
단면-9	18.200	0.521	3.240	0.050	8.194	3.11E+06	6.91E+06	0.K	116.4	215.0	0.K	18

횡방향 리브의 설계

구분	n	b	t	α	r_l^*	b_{cr}	t_{cr}	b_1	t_1	강 성(I_t)			절점
										필요	사용	판정	
단면-1	6	2,400	10	0.521	8.585	250	10	120	10	2.04E+07	1.30E+08	0.K	2
단면-2	6	2,400	10	0.521	8.585	350	12	200	16	2.04E+07	5.82E+08	0.K	31
단면-3	6	2,400	10	0.521	8.585	250	10	120	10	2.04E+07	1.30E+08	0.K	30
단면-4	6	2,400	20	0.521	5.946	250	10	120	10	1.14E+08	1.30E+08	0.K	27
단면-5	6	2,400	20	0.521	5.946	300	12	120	10	1.14E+08	2.20E+08	0.K	26
단면-6	6	2,400	28	0.521	2.713	300	12	120	10	1.48E+08	2.20E+08	0.K	11
단면-7	6	2,400	12	0.521	8.194	250	10	120	10	3.37E+07	1.30E+08	0.K	21
단면-8	6	2,400	12	0.521	8.194	350	12	200	16	3.37E+07	5.82E+08	0.K	20
단면-9	6	2,400	12	0.521	8.194	250	10	120	10	3.37E+07	1.30E+08	0.K	18

수직보강재의 설계

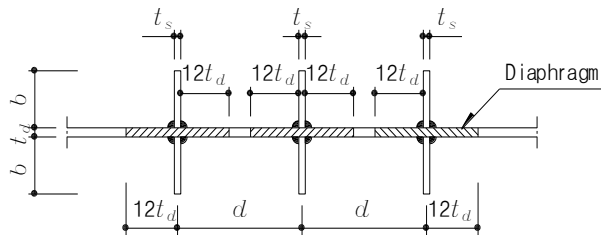
구분	n	f	u	a	b	t	최소폭검토(b_{vs})			최소두께검토(t_{vs})			b_{vs2}	t_{vs2}	절점
							필요	사용	판정	필요	사용	판정			
단면-1	1	65.1	51.2	1,250	2,145	12	121.5	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	2
단면-2	1	108.6	15.4	1,250	2,200	12	123.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	31
단면-3	1	79.1	32.4	1,250	2,200	12	123.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	30
단면-4	2	136.5	61.0	1,250	2,224	12	124.1	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	27
단면-5	2	179.7	58.4	1,250	2,416	12	130.5	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	26
단면-6	2	169.8	54.3	1,250	2,800	14	143.3	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	11
단면-7	1	59.1	51.6	1,250	2,200	12	123.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	21
단면-8	1	100.8	33.0	1,250	2,200	12	123.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	20
단면-9	1	116.4	15.5	1,250	2,200	12	123.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	18

구분	간격비 검토(a/b)			간격 검토			r	강 성(I)			절점
	필요	사용	판정	필요	사용	판정		필요	사용	판정	
단면-1	1.500	0.583	0.K	1.000	0.288	0.K	23.557	7.996E+06	1.350E+07	0.K	2
단면-2	1.500	0.568	0.K	1.000	0.170	0.K	24.781	8.627E+06	1.350E+07	0.K	31
단면-3	1.500	0.568	0.K	1.000	0.178	0.K	24.781	8.627E+06	1.350E+07	0.K	30
단면-4	1.500	0.562	0.K	1.000	0.290	0.K	25.323	8.912E+06	4.267E+07	0.K	27
단면-5	1.500	0.517	0.K	1.000	0.330	0.K	29.878	1.142E+07	4.267E+07	0.K	26
단면-6	1.500	0.446	0.K	1.000	0.200	0.K	40.140	2.824E+07	4.267E+07	0.K	11
단면-7	1.500	0.568	0.K	1.000	0.295	0.K	24.781	8.627E+06	1.350E+07	0.K	21
단면-8	1.500	0.568	0.K	1.000	0.230	0.K	24.781	8.627E+06	1.350E+07	0.K	20
단면-9	1.500	0.568	0.K	1.000	0.192	0.K	24.781	8.627E+06	1.350E+07	0.K	18

수평보강재의 설계

구분	a	b	t	n	b_{hs}	최소두께검토(t_{hs})			r	강 성(I)			절점
						필요	사용	판정		필요	사용	판정	
단면-1	1,250	2,000	12	1	130	8.1	10	0.K	18.750	5.934E+06	7.323E+06	0.K	2
단면-2	1,250	2,200	12	1	130	8.1	10	0.K	17.045	5.934E+06	7.323E+06	0.K	31
단면-3	1,250	2,200	12	1	130	8.1	10	0.K	17.045	5.934E+06	7.323E+06	0.K	30
단면-4	1,250	2,254	12	2	130	8.1	10	0.K	16.638	5.934E+06	1.465E+07	0.K	27
단면-5	1,250	2,494	12	2	130	8.1	10	0.K	15.038	5.934E+06	1.465E+07	0.K	26
단면-6	1,250	2,800	14	2	130	8.1	10	0.K	13.393	9.423E+06	1.465E+07	0.K	11
단면-7	1,250	2,200	12	1	130	8.1	10	0.K	17.045	5.934E+06	7.323E+06	0.K	21
단면-8	1,250	2,200	12	1	130	8.1	10	0.K	17.045	5.934E+06	7.323E+06	0.K	20
단면-9	1,250	2,200	12	1	130	8.1	10	0.K	17.045	5.934E+06	7.323E+06	0.K	18

6.2 지점부 보강재 (교각부)



사용 강종 : (SM520B 사용)

최대 지점반력 : $R_{max} = 6,164.7$ kN (절점 107 사용)

▪ 지점부 보강재 제원 (단위 : mm)

폭 (b)	길이 (l)	두께 (t_s)			Diaphragm 두께 (t_d)	설치 간격 (d)	사용 열수 (n)	각도 (α)	계산 각도 (Θ)	단면 유효폭 (B_e)
		필요	사용	판정						
240.0	2,800.0	$b / 16 = 15.0$	20.0	0.K	26.0	200.0	3ea	90.0°	0.0°	1,024.0

(도.설 3.4.2.2, 3.8.7.2)

보강재 단면적 : $A_s = 240.0 \times 20 \times 6 = 28,800.0 \text{ mm}^2$

유효 단면적 : $A_e = 28,800.0 + 1,024.0 \times 26.0 = 55,424.0 \text{ mm}^2 > 1.7 \cdot A_s = 48,960.0 \text{ mm}^2$

$\therefore A_e = 48,960.0 \text{ mm}^2$ (도.설 3.8.7.1)

Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned}
 I &= B_e \cdot t_d^3 / 12 + [t_s \cdot b / 12 \times \{ (b \cdot \cos \Theta)^2 + (t_s \cdot \sin \Theta)^2 \} + t_s \cdot b \times (b / 2 \cdot \cos \Theta + t_d / 2)^2] \times 2 \cdot n \\
 &= 1,024.0 \times 26.0^3 / 12 + [20.0 \times 240.0 / 12 \times \{ (240.0 \times \cos 0.0)^2 + (20.0 \times \sin 0.0)^2 \} \\
 &\quad + 20.0 \times 240.0 \times (240.0 / 2 \times \cos 0.0 + 26.0 / 2)^2] \times 2 \times 3.0 = 6.492\text{E}+08 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

단면2차 반경

$$r = \sqrt{I / A_e} = \sqrt{(649,183,018.7 / 48,960.0)} = 115.150 \text{ mm}$$

유효 좌굴 길이

$$l_e = l / 2 = 2,800.0 / 2 = 1,400.0 \text{ mm}$$

허용 축방향 압축응력

$$l_e / r = 12.158 \leq 15.1 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 215.0 \text{ MPa}$: 국부좌굴 미 고려시

$$15.1 \geq l_e / r = 12.158 \leq 75.5$$

$\Rightarrow f_{cag} = 215.0 - 1.6 (l_e / r - 15.1) = 219.6 \text{ MPa}$: 국부좌굴 미 고려시

$$75.5 \geq l_e / r = 12.158$$

$\Rightarrow f_{cag} = 1.20\text{E}+06 / \{ 4,400.0 + (l_e / r)^2 \} = 263.863$: 국부좌굴 미 고려시

$$b / 10.5 = 22.9 \geq t_s = 20.0 \quad (\text{도.설 3.4.2.2})$$

$\Rightarrow f_{cal} = 215.0 \text{ MPa}$: 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$$b / 16.0 = 15.0 < t_s = 20.0 \leq b / 10.5 = 22.9$$

$\Rightarrow f_{cal} = 24,000 (t_s / b)^2 = 166.7 \text{ MPa}$: 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$\Rightarrow f_{cao} = 215.0 \text{ MPa}$: 허용축방향 압축응력의 상한값

$$\therefore f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao} = 215.0 \times 166.7 / 215.0 = 166.7 \text{ MPa} \quad (\text{허용 축방향 압축응력})$$

$$f_c = R_{max} / A_e = 6,164.7 / 48,960.0 = 125.9 \text{ MPa} \leq f_{ca} \quad \dots\dots 0.K !!$$

[G - 1] (SM520B 사용)

지점	b (mm)	l (mm)	t_s (mm)			t_d (mm)	d (mm)	n (ea)	α	Θ	B_e (mm)
			필요	사용	판정						
A1	240.0	2,000.0	15.0	20.0	0.K	16.0	400.0	2	90.2 °	0.2 °	768.0
P1	240.0	2,800.0	15.0	20.0	0.K	26.0	200.0	3	90.0 °	0.0 °	1,024.0
P2	240.0	2,800.0	15.0	20.0	0.K	26.0	200.0	3	90.0 °	0.0 °	1,024.0
A2	240.0	2,000.0	15.0	20.0	0.K	16.0	400.0	2	89.8 °	0.2 °	768.0

지점	A_s (mm ²)	A_e (mm ²)			I (mm ⁴)	r (mm)	l_e (mm)	f_{cag} (MPa)	f_{cal} (MPa)	f_{cao} (MPa)
		계산값	상한값	적용값						
A1	19,200.0	31,488.0	32,640.0	31,488.0	4.070E+08	113.7	1,000.0	215.0	166.7	215.0
P1	28,800.0	55,424.0	48,960.0	48,960.0	6.492E+08	115.1	1,400.0	215.0	166.7	215.0
P2	28,800.0	55,424.0	48,960.0	48,960.0	6.492E+08	115.1	1,400.0	215.0	166.7	215.0
A2	19,200.0	31,488.0	32,640.0	31,488.0	4.070E+08	113.7	1,000.0	215.0	166.7	215.0

지점	절점	R_{max} (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
			작용	허용	판정
A1	1	2,461.6	78.2	166.7	0.K
P1	11	6,164.7	125.9	166.7	0.K
P2	25	6,164.4	125.9	166.7	0.K
A2	35	2,462.1	78.2	166.7	0.K

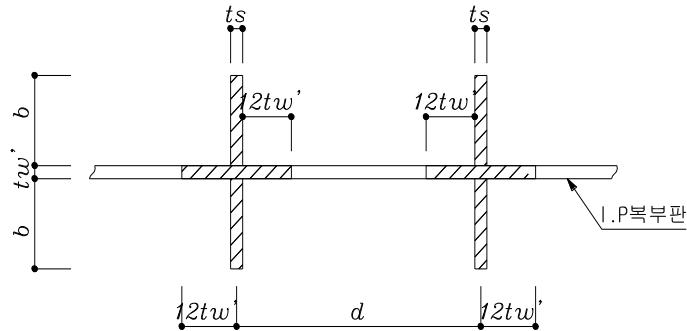
[G - 2] (SM520B 사용)

지점	b (mm)	l (mm)	t_s (mm)			t_d (mm)	d (mm)	n (ea)	α	Θ	B_e (mm)
			필요	사용	판정						
A1	240.0	2,000.0	15.0	20.0	0.K	16.0	400.0	2	90.2 °	0.2 °	768.0
P1	240.0	2,800.0	15.0	20.0	0.K	26.0	200.0	3	90.0 °	0.0 °	1,024.0
P2	240.0	2,800.0	15.0	20.0	0.K	26.0	200.0	3	90.0 °	0.0 °	1,024.0
A2	240.0	2,000.0	15.0	20.0	0.K	16.0	400.0	2	89.8 °	0.2 °	768.0

지점	A_s (mm ²)	A_e (mm ²)			I (mm ⁴)	r (mm)	l_e (mm)	f_{cag} (MPa)	f_{cal} (MPa)	f_{cao} (MPa)
		계산값	상한값	적용값						
A1	19,200.0	31,488.0	32,640.0	31,488.0	4.070E+08	113.7	1,000.0	215.0	166.7	215.0
P1	28,800.0	55,424.0	48,960.0	48,960.0	6.492E+08	115.1	1,400.0	215.0	166.7	215.0
P2	28,800.0	55,424.0	48,960.0	48,960.0	6.492E+08	115.1	1,400.0	215.0	166.7	215.0
A2	19,200.0	31,488.0	32,640.0	31,488.0	4.070E+08	113.7	1,000.0	215.0	166.7	215.0

지점	절점	R_{max} (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
			작용	허용	판정
A1	36	1,929.8	61.3	166.7	0.K
P1	46	7,090.5	144.8	166.7	0.K
P2	60	7,088.9	144.8	166.7	0.K
A2	70	1,929.8	61.3	166.7	0.K

6.2 INNER PLATE 지점부 보강재 (교각부)



사용 강종 : (SM400 사용)

최대 지점반력 : $R_{max} = 2,771.9$ kN (절점 110 사용)

▪ 지점부 보강재 제원

(단위 : mm)

폭 (b)	길이 (l)	두 개 (t_s)			I.P. Web 두께 (t_w)	설치 간격 (d)	사용 열수 (n)	각도 (α)	계산 각도 (Θ)	단면 유효폭 (B_e)
		필요	사용	판정						
130.0	2,800.0	$b / 16 = 8.1$	26.0	O.K	20.0	400.0	2ea	90.0°	0.0°	880.0

(도.설 3.4.2.2, 3.8.7.2)

보강재 단면적 : $A_s = 130.0 \times 26 \times 4 = 13,520.0$ mm²

유효 단면적 : $A_e = 13,520.0 + 880.0 \times 20.0 = 31,120.0$ mm² > $1.7 \cdot A_s = 22,984.0$ mm²

$\therefore A_e = 22,984.0$ mm² (도.설 3.8.7.1)

I.P. 복부 중심선 둘레의 단면2차 모멘트

$$I = B_e \cdot t_w'^3 / 12 + [t_s \cdot b / 12 \times \{ (b \cdot \cos \Theta)^2 + (t_s \cdot \sin \Theta)^2 \} + t_s \cdot b \times (b / 2 \cdot \cos \Theta + t_w' / 2)^2] \times 2 \cdot n$$

$$= 880.0 \times 20.0^3 / 12 + [26.0 \times 130.0 / 12 \times \{ (130.0 \times \cos 0.0)^2 + (26.0 \times \sin 0.0)^2 \}] \times 2 \times 2.0$$

$$+ 26.0 \times 130.0 \times (130.0 / 2 \times \cos 0.0 + 20.0 / 2)^2 \times 2 \times 2.0 = 9.568 \text{E}+07 \text{ mm}^4$$

단면2차 반경

$$r = \sqrt{I / A_e} = \sqrt{(95,677,333.3 / 22,984.0)} = 64.520 \text{ mm}$$

유효 좌굴 길이

$$l_e = l / 2 = 2,800.0 / 2 = 1,400.0 \text{ mm}$$

허용 축방향 압축응력

$$l_e / r = 21.699 \geq 18.6 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 140.0$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$18.6 < l_e / r = 21.699 \leq 92.8$$

$\Rightarrow f_{cag} = 140.0 - 0.82 (l_e / r - 18.6) = 137.5$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$92.8 \geq l_e / r = 21.699$$

$\Rightarrow f_{cag} = 1.20 \text{E}+06 / \{ 6,700.0 + (l_e / r)^2 \} = 167.344$: 국부좌굴 미 고려시

$$b / 12.9 = 10.1 \leq t_s = 20.0 \quad (\text{도.설 3.4.2.2})$$

$\Rightarrow f_{cal} = 140.0$ MPa : 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$$b / 16.0 = 8.1 < t_s = 20.0 > b / 12.9 = 10.1$$

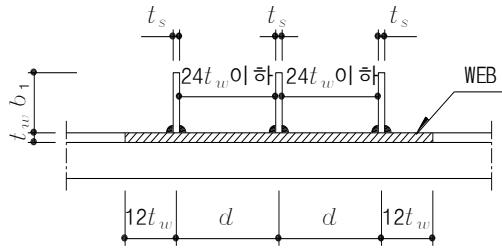
$\Rightarrow f_{cal} = 24,000 (t_s / b)^2 = 960.0$ MPa : 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$\Rightarrow f_{cao} = 140.0$ MPa : 허용축방향 압축응력의 상한값

$$\therefore f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao} = 137.5 \times 140.0 / 140.0 = 137.5 \text{ MPa} \quad (\text{허용 축방향 압축응력})$$

$$f_c = R_{max} / A_e = 2,771.9 / 22,984.0 = 120.6 \text{ MPa} \leq f_{ca} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

6.3 JACK UP용 보강재 (교각부)



사용 강종 : (SM520B 사용) (절점 109 사용)

최대 지점반력 : $R_d = 4,410.0$ kN $R_l = 1,734.1$ kN

▪ JACK UP용 보강재 제원

(단위 : mm)

폭		길이 (<i>l</i>)	두 개 (<i>t_s</i>)				WEB 두께 (<i>t_w</i>)	설치 간격 (<i>d</i>)	사용 열수 (<i>n</i>)	단면 유효폭 (<i>B_e</i>)	
<i>b₁</i>	<i>b₂</i>		필요		<i>t_{s1}</i>	<i>t_{s2}</i>					판정
150.0	0.0	1,400.0	<i>b₁</i> / 16 = 9.4	<i>b₂</i> / 16 = 0.0	20	0	O.K	12	200.0	3ea	688.0

(도.설 3.4.2.2, 3.8.7.2)

교좌받침 1개소당 Jack UP 장치 설치 개소 : $J_n = 2$ 개소

※ 교좌받침 교체를 위한 보강부재의 설계시 설계반력은 평상시 지점반력을 할증할 값($R_d + 1.5R_l$)으로

검토한다. : 차량통행 시에도 교체가 가능하도록 배려한 것임 (강.상.세 3.4.3)

작 용 하 중 : $P = (4,410.0 + 1.5 \times 1,734.1) / 2 = 3,505.6$ kN

보강재 단면적 : $A_s = 150.0 \times 20 \times 3 + 0.0 \times 0.0 \times 3.0 = 9,000.0$ mm²

유효 단면적 : $A_e = 9,000.0 + 688.0 \times 12.0 = 17,256.0$ mm² > $1.7 \cdot A_s = 15,300.0$ mm²

$\therefore A_e = 15,300.0$ mm² (도.설 3.8.7.1)

중립축의 위치

$$Y_o = \sum(A \cdot y) / \sum A_e$$

$$= [3.0 \times \{ 0.0 \times 0.0 + 3,000.0 \times 87.0 \} + 8,256.0 \times 6.0] / 15,300.0 = 54.414 \text{ mm}$$

Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차 모멘트

$$I = 688.0 \times 12.0^3 / 12 + 8,256.0 \times 48.414^2 + (0.0 \times 0.0^3 / 12 + 0.0 \times 54.414^2$$

$$+ 20.0 \times 150.0^3 / 12 + 3,000.0 \times 32.586^2) \times 3.0 = 4.588E+07 \text{ mm}^4$$

단면2차 반경

$$r = \sqrt{I / A_e} = \sqrt{(45,882,089.1 / 15,300.0)} = 54.762 \text{ mm}$$

유효 좌굴 길이

$$l_e = l / 2 = 1,400.0 / 2 = 700.0 \text{ mm}$$

허용 축방향 압축응력(25% 할증 적용)

$$l_e / r = 12.783 \leq 15.1 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 268.8$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$15.1 \geq l_e / r = 12.783 \leq 75.5 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 215.0 - 1.6 (l_e / r - 15.1) = 273.2$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$75.5 \geq l_e / r = 12.783$$

$\Rightarrow f_{cag} = 1.20E+06 / \{ 4,400.0 + (l_e / r)^2 \} = 328.702$: 국부좌굴 미 고려시

$$b / 10.5 = 14.3 \leq t_s = 20.0$$

$\Rightarrow f_{cal} = 268.8$ MPa : 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$$b / 16.0 = 9.4 < t_s = 20.0 > b / 10.5 = 14.3$$

$\Rightarrow f_{cal} = 24,000 (t_s / b)^2 = 533.3$ MPa : 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$\Rightarrow f_{cao} = 268.8$ MPa : 허용축방향 압축응력의 상한값

$$\therefore f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao} = 268.8 \times 268.8 / 268.8 = 268.8 \text{ MPa (허용 축방향 압축응력)}$$

$$f_c = R_{max} / A_e = 3,505.6 / 15,300.0 = 229.1 \text{ MPa} \leq f_{ca} \dots\dots 0.K !!$$

[G - 1] (SM520B 사용)

지점	폭(mm)		l (mm)	t _s (mm)				판정	t _w (mm)	d (mm)	n (ea)	J _n (ea)	B _e (mm)
	b ₁	b ₂		필요		t _{s1}	t _{s2}						
A1	150.0	0.0	1,000.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	2	488.0
P1	150.0	0.0	1,400.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	3	2	736.0
P2	150.0	0.0	1,400.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	3	2	736.0
A2	150.0	0.0	1,000.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	2	488.0

지점	A _s (mm ²)	A _e (mm ²)			Y _o (mm)	I (mm ⁴)	r (mm)	l _e (mm)	f _{cag} (MPa)	f _{cal} (MPa)	f _{cao} (MPa)
		계산값	상한값	적용값							
A1	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	500.0	268.8	268.8	268.8
P1	9,000.0	19,304	15,300	15,300	57.1	5.205E+07	58.3	700.0	268.8	268.8	268.8
P2	9,000.0	19,304	15,300	15,300	57.1	5.205E+07	58.3	700.0	268.8	268.8	268.8
A2	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	500.0	268.8	268.8	268.8

지점	절점	R _d (kN)	R _l (kN)	P (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
					작용	허용	판정
A1	1	1,417.1	1,029.1	1,480.3	145.1	268.8	0.K
P1	11	4,410.0	1,734.1	3,505.6	229.1	268.8	0.K
P2	25	4,410.0	1,734.1	3,505.6	229.1	268.8	0.K
A2	35	1,417.1	1,029.6	1,480.7	145.2	268.8	0.K

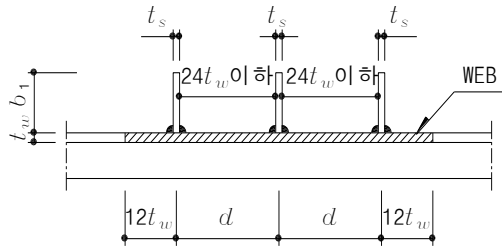
[G - 2] (SM520B 사용)

지점	폭(mm)		l (mm)	t _s (mm)				판정	t _w (mm)	d (mm)	n (ea)	J _n (ea)	B _e (mm)
	b ₁	b ₂		필요		t _{s1}	t _{s2}						
A1	150.0	0.0	1,000.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	2	488.0
P1	150.0	0.0	1,400.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	3	4	736.0
P2	150.0	0.0	1,400.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	3	4	736.0
A2	150.0	0.0	1,000.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	2	488.0

지점	A _s (mm ²)	A _e (mm ²)			Y _o (mm)	I (mm ⁴)	r (mm)	l _e (mm)	f _{cag} (MPa)	f _{cal} (MPa)	f _{cao} (MPa)
		계산값	상한값	적용값							
A1	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	500.0	268.8	268.8	268.8
P1	9,000.0	19,304	15,300	15,300	57.1	5.205E+07	58.3	700.0	268.8	268.8	268.8
P2	9,000.0	19,304	15,300	15,300	57.1	5.205E+07	58.3	700.0	268.8	268.8	268.8
A2	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	500.0	268.8	268.8	268.8

지점	절점	R _d (kN)	R _l (kN)	P (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
					작용	허용	판정
A1	36	1,079.8	833.5	1,165.0	114.2	268.8	0.K
P1	46	4,914.6	2,122.8	2,024.7	132.3	268.8	0.K
P2	60	4,913.7	2,122.3	2,024.3	132.3	268.8	0.K
A2	70	1,079.5	833.8	1,165.1	114.2	268.8	0.K

6.3 INNER PLATE JACK UP용 보강재 (교각부)



사용 강종 : (SM400 사용) (절점 114 사용)

최대 지점반력 : $R_d = 1,478.5$ kN $R_l = 1,066.3$ kN

▪ JACK UP용 보강재 제원 (단위 : mm)

폭	길이 (l)	두께 (t_s)				WEB 두께 (t_w)	설치 간격 (d)	사용 열수 (n)	단면 유효폭 (B_e)
b_1	b_2	필요		t_{s1}	t_{s2}	판정			
130.0	130.0	1,250.0	$b_1 / 16 = 8.1$ $b_2 / 16 = 8.1$	12	12	0.K	20	200.0	2ea 680.0

(도.설 3.4.2.2, 3.8.7.2)

교좌받침 1개소당 Jack UP 장치 설치 개소 : $J_n = 2$ 개소

※ 교좌받침 교체를 위한 보강부재의 설계시 설계반력은 평상시 지점반력을 할증할 값($R_d + 1.5R_l$)으로 검토한다. : 차량통행 시에도 교체가 가능하도록 배려한 것임 (강.상.세 3.4.3)

작 용 하 중 : $P = (1,478.5 + 1.5 \times 1,066.3) / 2 = 1,539.0$ kN

보강재 단면적 : $A_s = 130.0 \times 12 \times 2 + 130.0 \times 12.0 \times 2.0 = 6,240.0$ mm²

유효 단면적 : $A_e = 6,240.0 + 680.0 \times 20.0 = 19,840.0$ mm² $> 1.7 \cdot A_s = 10,608.0$ mm²
 $\therefore A_e = 10,608.0$ mm² (도.설 3.8.7.1)

중립축의 위치

$$Y_o = \sum(A \cdot y) / \sum A_e$$

$$= [2.0 \times \{ 1,560.0 \times 65.0 + 1,560.0 \times 215.0 \} + 13,600.0 \times 140.0] / 10,608.0 = 261.840 \text{ mm}$$

Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차 모멘트

$$I = 680.0 \times 20.0^3 / 12 + 13,600.0 \times 121.840^2 + (12.0 \times 130.0^3 / 12 + 1,560.0 \times 196.840^2$$

$$+ 12.0 \times 130.0^3 / 12 + 1,560.0 \times 46.840^2) \times 2.0 = 3.389\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

단면2차 반경

$$r = \sqrt{I / A_e} = \sqrt{(338,866,431.0 / 10,608.0)} = 178.730 \text{ mm}$$

유효 좌굴 길이

$$l_e = l / 2 = 1,250.0 / 2 = 625.0 \text{ mm}$$

$$l_e / r = 3.497 \leq 18.6 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 175.0$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$18.6 \geq l_e / r = 3.497 \leq 92.8 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 175.0 - 0.8 (l_e / r - 18.6) = 234.2$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$92.8 \geq l_e / r = 3.497$$

$\Rightarrow f_{cag} = 1.20\text{E}+06 / \{ 6,700.0 + (l_e / r)^2 \} = 223.473$: 국부좌굴 미 고려시

$$b / 12.9 = 10.1 \leq t_s = 12.0$$

$\Rightarrow f_{cal} = 175.0$ MPa : 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$$b / 16.0 = 8.1 < t_s = 12.0 > b / 12.9 = 10.1$$

$\Rightarrow f_{cal} = 24,000 (t_s / b)^2 = 255.6$ MPa : 자유 돌출판 국부좌굴 고려시

$\Rightarrow f_{cao} = 175.0$ MPa : 허용축방향 압축응력의 상한값

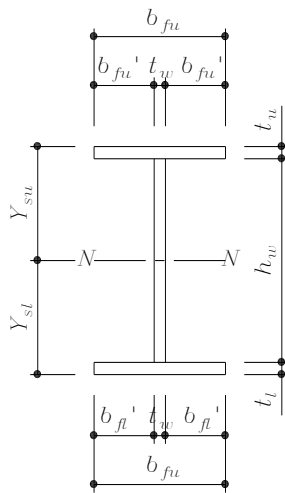
$$\therefore f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao} = 175.0 \times 175.0 / 175.0 = 175.0 \text{ MPa (허용 축방향 압축응력)}$$

$$f_c = R_{max} / A_e = 1,539.0 / 10,608.0 = 145.1 \text{ MPa} \leq f_{ca} \dots\dots 0.K !!$$

7. 가로보 및 세로보의 설계

7.1 세로보의 설계

[1STR01]



▪ 단 면 제 원

(단위:mm)

사용강재	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}
SM400B	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0

바닥판 두께 : $t_s = 280.0$ mm 가로보간격 : $B_f = 4,431.6$ mm

포장두께 : $t_p = 50.0$ mm 가로보지간 : $L = 5,800.0$ mm

▪ 부재 검토 (도.설.해 3.8.4.1)

(단위:mm)

복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
필요	사용	판정	필요	사용	판정	필요	사용	판정
$h_w / 150 = 6.0$	10	0.K	$b_{fu}' / 16 = 9.1$	10	0.K	$b_{fl}' / 16 = 9.1$	10	0.K

▪ 하중 관련

콘크리트 (kN/m^3)	포장 (kN/m^3)	강재 (kN/m^3)	강재 할증	차륜하중(kN)		탱크하중		트레일러	
				P_r	P_f	$P_{tk}(\text{kN/m})$	$B_{tk}(\text{mm})$	$P_2(\text{kN/m})$	$B_2(\text{mm})$
25.00	23.50	78.50	1.3244	96.00	24.00	0.000	0.0	0.000	0.0

▪ 도심 산정

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 10.0	3,000.0	455.0	1.365E+06	6.211E+08	2.500E+04
WEB	1 - 900.0 × 10.0	9,000.0	-	-	-	6.075E+08
LOWER FL.	1 - 300.0 × 10.0	3,000.0	-455.0	-1.365E+06	6.211E+08	2.500E+04
합계		15,000.0	-	0.000E+00	1.242E+09	6.076E+08

$$I_x' = \sum A_s \cdot Y^2 + \sum I_{xo} = 1,242,150,000.0 + 607,550,000.0 = 1.850E+09 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s = 0.0 / 15,000.0 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 1,849,700,000.0 - 15,000.0 \times 0.0^2 = 1.850E+09 \text{ mm}^4$$

$$y_{su} = h_w / 2 + t_{fu} - \delta_y = 900.0/2 + 10.00 - 0.0 = 460.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = h_w / 2 + t_{fl} + \delta_y = 900.0/2 + 10.00 - 0.0 = 460.000 \text{ mm}$$

1) 관용 해석

(1) 작용 하중 산정

① 고정 하중

$$\text{슬래브} : 0.280 \times 25.0 = 7.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{포장} : 0.050 \times 23.5 = 1.175 \text{ kN/m}^2$$

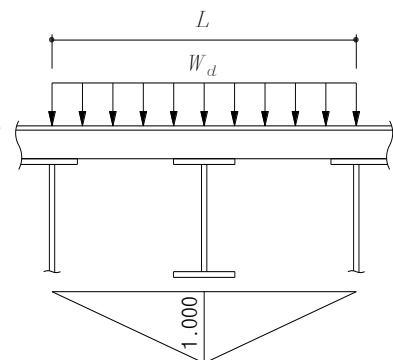
$$\Sigma = 8.175 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{강재 자중} : 0.015 \times 78.5 = 1.178 \text{ kN/m}$$

$$\text{강재 할증} : 1.178 \times 1.3244 = 1.560 \text{ kN/m}$$

$$\text{영향선 면적} : 5.800 \times 1.000 / 2 = 2.900 \text{ m}^2$$

$$\therefore W_d = 8.175 \times 2.900 + 1.560 \times 1.000 = 25.267 \text{ kN/m}$$



② 활 하 중

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시

작용 활하중 수 : $n = 3$

활하중 작용점과 세로보 중심간의 거리 및 영향선 종거

$$x_1 = 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 1.000$$

$$x_2 = 1,200.0 \text{ mm} \Rightarrow y_2 = 0.586$$

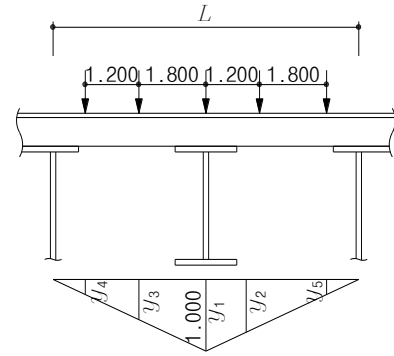
$$x_3 = 1,800.0 \text{ mm} \Rightarrow y_3 = 0.379$$

$$\Sigma y = 1.966$$

$$\therefore P_l = P_r \cdot \Sigma y = 96.0 \times 1.966 = 188.690 \text{ kN/m}$$

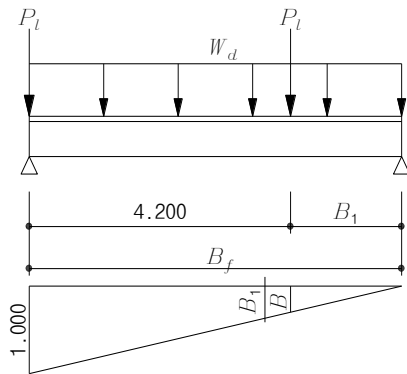
충격 계수

$$i = 15 / (40 + 4.432) = 0.338 > 0.300 \therefore i = 0.300$$



(2) 전단력 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 고정하중에 의한 전단력

$$V_d = W_d \cdot B_f / 2 = 25.267 \times 4.432 / 2 = 55.987 \text{ kN}$$

▪ 활하중에 의한 전단력(충격계수 포함)

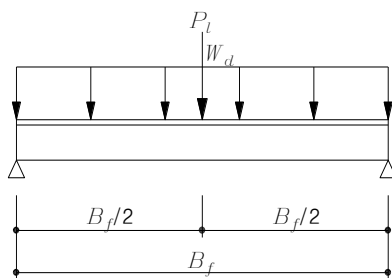
$$B_1 = B_f - 4.200 = 4.432 - 4.200 = 0.232 \text{ m}$$

$$V_{l+i} = P_l \cdot (1 + B_1/B_f) \times (1 + i) = 188.690 \times (1 + 0.232/4.432) \times (1 + 0.300) = 258.118 \text{ kN}$$

$$\therefore V_t = V_d + V_{l+i} = 55.987 + 258.118 = 314.105 \text{ kN}$$

(3) 모멘트 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 고정하중에 의한 모멘트

$$M_d = W_d \cdot B_f^2 / 8 = 25.267 \times 4.432^2 / 8 = 62.029 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

▪ 활하중에 의한 모멘트(충격계수 포함)

$$M_{l+i} = P_l \cdot B_f \cdot i / 4 = 188.690 \times 4.432 / 4 \times (1 + 0.300) = 271.766 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_t = M_d + M_{l+i} = 62.029 + 271.766 = 333.795 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2) 격자해석

[3D Frame 해석결과]

구분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	합계
		강재자중	슬래브 자중				
모멘트	kN·m	10.403	63.509	11.830	203.413	0.274	289.429
전단력	kN	-6.577	-68.514	-11.738	-218.637	-0.144	-305.610

Frame 해석결과 : $V_{max} = 305.610 \text{ kN}$, $M_{max} = 289.429 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (Output 참조)- 부재번호 139

3) 결 과 비 교

관용해석에서 나온 부재력과 Frame 해석에서 나온 부재력 중 불리한 값을 설계에 적용함.

계산적용부재력 : $V_{max} = 314.105 \text{ kN}$, $M_{max} = 333.795 \text{ kN}\cdot\text{m}$

4) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력 (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 상부 플랜지

$$b_{fu}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm} > t_{fu} = 10.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$b_{fu}' / 16.0 = 9.1 \text{ mm} \leq t_{fu} = 10.0 \text{ mm} < b_{fu}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 24,000 (t_{fu}/b_{fu}')^2 = 114.1 \text{ MPa}$$

- 하부 플랜지

$$b_{fl}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm} > t_{fl} = 10.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$b_{fl}' / 16.0 = 9.1 \text{ mm} \leq t_{fl} = 10.0 \text{ mm} < b_{fl}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 24,000 (t_{fl}/b_{fl}')^2 = 114.1 \text{ MPa}$$

▪ 허용 휨 압축응력 (도.설 해 3.3.2.1 표3.3.4)

- 상부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	9,000.0 mm^2	$A_w/A_c = 3.000 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	3,000.0 mm^2	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	4,431.6 mm	
b_{fu} : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	300.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.121	

$$9.3/K = 4.4 < L / b_{fu} = 4,431.6 / 300.0 = 14.8$$

$$\Rightarrow \textcircled{2} f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$9.3/K = 4.4 < L / b_{fu} = 4,431.6 / 300.0 = 14.8 \leq 30.0$$

$$\Rightarrow \textcircled{2} f_{ca} = 140.0 - 1.24 (K \cdot L / b_{fu} - 9.3) = 140.0 - 1.24 \times (2.121 \times 4,431.6 / 300.0 - 9.3) = 112.7 \text{ MPa}$$

- 하부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	9,000.0 mm^2	$A_w/A_c = 3.000 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	3,000.0 mm^2	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	4,431.6 mm	
b_{fl} : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	300.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.121	

$$9.3/K = 4.4 < L / b_{fl} = 4,431.6 / 300.0 = 14.8$$

$$\Rightarrow \textcircled{2} f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$9.3/K = 4.4 < L / b_{fl} = 4,431.6 / 300.0 = 14.8 \leq 30.0$$

$$\Rightarrow \textcircled{2} f_{ca} = 140.0 - 1.24 (K \cdot L / b_{fl} - 9.3) = 140.0 - 1.24 \times (2.121 \times 4,431.6 / 300.0 - 9.3) = 112.7 \text{ MPa}$$

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한다

$$f_{ca} = 112.7 \text{ MPa} , f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지}) \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1})$$

$$u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5})$$

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한다

$$f_{ca} = 112.7 \text{ MPa} , f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지}) \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1})$$

$$U_a = 80.0 \text{ MPa}$$

(인장력)

(도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

응력 검토

$$U = V_u / A_w = 314,104.9 / (900.0 \times 10.0)$$

$$U = 34.901 \text{ MPa} \leq U_a = 80.0 \text{ MPa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_u = M_u \cdot y_{su} / I_{33} = 333,794,760.4 \times 460.0 / 1,849,700,000.0$$

$$f_u = 83.011 \text{ MPa} \leq f_{ca} = 112.7 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지 압축인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_u = 83.011 \text{ MPa} \leq f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지 인장인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_l = M_u \cdot y_{sl} / I_{33} = 333,794,760.4 \times 460.0 / 1,849,700,000.0$$

$$f_l = 83.011 \text{ MPa} \leq f_{la} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지 인장인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_l = 83.011 \text{ MPa} \leq f_{ca} = 112.7 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지 압축인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

합성응력 검토

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상부 플랜지 인장, 하부 플랜지 압축]

$$\left(\frac{83.011}{112.675} \right)^2 + \left(\frac{34.901}{80.000} \right)^2 = 0.543 + 0.190 = 0.733 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상부 플랜지 압축, 하부 플랜지 인장]

$$\left(\frac{83.011}{112.675} \right)^2 + \left(\frac{34.901}{80.000} \right)^2 = 0.543 + 0.190 = 0.733 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치]

(도.설 해 3.8.5.1 표3.8.5)

$$71 \quad t_w = 710.0 \text{ mm} < h_w = 900.0 \text{ mm} \quad \text{수직보강재 필요}$$

5) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수 : $n = 0$

복부판의 연섬유 압축응력 : $f = 83.011 \text{ MPa}$

복부판의 전단응력 : $u = 34.901 \text{ MPa}$

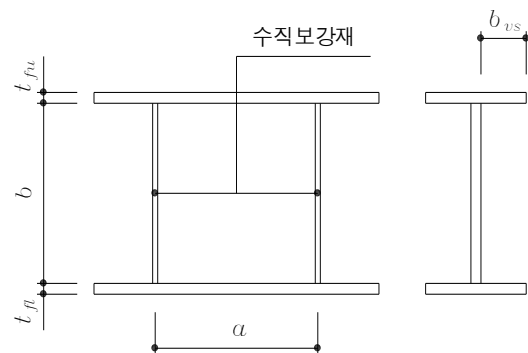
사용 수직 보강재의 폭 : $b_{vs} = 130.0 \text{ mm}$

사용 수직 보강재의 두께 : $t_{vs} = 12.0 \text{ mm}$

사용 수직 보강재의 간격 : $a = 1,220.0 \text{ mm}$

상·하 양 플랜지의 순간격 : $b = 900.0 \text{ mm}$

복부판의 두께 : $t = 10.0 \text{ mm}$



- 수직보강재 간격 검토

$$a / b = 1,220.0 / 900.0 = 1.356 \leq 3.000 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$$a / b > 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 \{ [f/365]^2 + [u / (81+61(b/a)^2)]^2 \} \leq 1$$

$$a / b \leq 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 \{ [f/365]^2 + [u / (61+81(b/a)^2)]^2 \} \leq 1$$

$$a / b > 1.00 \quad \text{이므로} \Rightarrow 0.095 \leq 1 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수직 보강재의 강도검토

(도.설.해 3.8.5.2)

· 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 900.0 \times 10.0^3 \times 4.354 / 10.92 = 3.588E+05 \text{ mm}^4$$

· 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0[b/a]^2 = 8.0 \times (900.0 / 1,220.0)^2 = 4.354$$

· 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 12.0 \times 130.0^3 \times 2ea = 1.758E+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 1.758E+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 3.588E+05 \text{ mm}^4 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (도.설.해 3.8.5.2)

$$b_{vs(req)} = 900.0 / 30 + 50\text{mm} = 80.000 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 130.000 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{vs(req)} = 130.0 / 13 = 10.000 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 12.000 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

▪ 공통 입력 사항

사용강재	단 위 중 량 (kN/m ³)			강재 활용	차륜하중 (kN)		차륜하중제원(mm)	
	콘크리트	포장	강재		P_r	P_f	L_1	B_1
SM400B	25.00	23.50	78.50	1.32442	96.00	24.00	4,200	1,800

▪ 단면 제원

(단위: mm)

구 분	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}	I_{33}	y_{su}	y_{sl}
1STR01	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR02	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR03	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR04	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR05	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR06	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR07	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR08	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR14	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR15	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR16	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR17	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR18	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR19	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR20	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR21	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR22	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR28	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR29	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR30	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR31	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR32	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR33	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0
1STR34	300.0	145.0	300.0	145.0	900.0	10.0	10.0	10.0	1.850E+09	460.0	460.0

▪ 기타 제원

(단위: mm)

구 분	바닥판두께 t_s	포장두께 t_p	가로보 간격		가로보지간 L	비 고
			B_f	B_r		
1STR01	280.0	50.0	4,431.6	-	5,800.0	
1STR02	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR03	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR04	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR05	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR06	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR07	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR08	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR09	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR10	280.0	50.0	5,000.8	-	5,800.0	
1STR11	280.0	50.0	4,999.2	-	5,800.0	
1STR12	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR13	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR14	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR15	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR16	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR17	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR18	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR19	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR20	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR21	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR22	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR23	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR24	280.0	50.0	5,000.8	-	5,800.0	
1STR25	280.0	50.0	4,999.2	-	5,800.0	
1STR26	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR27	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR28	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR29	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR30	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR31	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR32	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR33	280.0	50.0	5,000.0	-	5,800.0	
1STR34	280.0	50.0	4,433.2	-	5,800.0	

부재 검토

(단위:mm)

구 분	복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
	필요	사용	판정	필요	사용	판정	필요	사용	판정
1STR01	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR02	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR03	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR04	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR05	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR06	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR07	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR08	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR09	I.P 거더로 대체								
1STR10	I.P 거더로 대체								
1STR11	I.P 거더로 대체								
1STR12	I.P 거더로 대체								
1STR13	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR14	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR15	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR16	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR17	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR18	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR19	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR20	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR21	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR22	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR23	I.P 거더로 대체								
1STR24	I.P 거더로 대체								
1STR25	I.P 거더로 대체								
1STR26	I.P 거더로 대체								
1STR27	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR28	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR29	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR30	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR31	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR32	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR33	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K
1STR34	$h_w/150 = 6.0$	10.0	O.K	$b_{fu}'/16 = 9.1$	10.0	O.K	$b_{fl}'/16 = 9.1$	10.0	O.K

1) 관 용 해 석

▪ 작용 하중 산정

구 분	고 정 하 중 (kN/m)					활 하 중 (kN)			
	슬래브	포 장	강재자중	영향선면적	W_d	하중수	종 거	P_r	충격계수
1STR01	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR02	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR03	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR04	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR05	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR06	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR07	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR08	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR09	I.P 거더로 대체								
1STR10	I.P 거더로 대체								
1STR11	I.P 거더로 대체								
1STR12	I.P 거더로 대체								
1STR13	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR14	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR15	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR16	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR17	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR18	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR19	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR20	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR21	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR22	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR23	I.P 거더로 대체								
1STR24	I.P 거더로 대체								
1STR25	I.P 거더로 대체								
1STR26	I.P 거더로 대체								
1STR27	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR28	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR29	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR30	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR31	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR32	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR33	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300
1STR34	7.000	1.175	1.560	2.900	25.267	3.0	1.966	188.690	0.300

■ 관용해석에 의한 전단력 산정

(단위:kN)

구 분	단위	고정하중 재하시	활하중 재하시	탱크하중 재하시	트레일러하중 재하시	V_t	비 고
1STR01	kN	55.987	258.118	0.000	0.000	314.105	
1STR02	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR03	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR04	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR05	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR06	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR07	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR08	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR09	I.P 거더로 대체						
1STR10	I.P 거더로 대체						
1STR11	I.P 거더로 대체						
1STR12	I.P 거더로 대체						
1STR13	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR14	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR15	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR16	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR17	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR18	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR19	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR20	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR21	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR22	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR23	I.P 거더로 대체						
1STR24	I.P 거더로 대체						
1STR25	I.P 거더로 대체						
1STR26	I.P 거더로 대체						
1STR27	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR28	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR29	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR30	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR31	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR32	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR33	kN	63.168	284.544	0.000	0.000	347.712	
1STR34	kN	56.007	258.199	0.000	0.000	314.205	

■ 관용해석에 의한 모멘트 산정

(단위: kN·m)

구 분	단위	고정하중 재하시	활하중 재하시	탱크하중 재하시	트레일러하중 재하시	M_t	비 고
1STR01	kN·m	62.029	271.766	0.000	0.000	333.795	
1STR02	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR03	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR04	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR05	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR06	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR07	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR08	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR09	I.P 거더로 대체						
1STR10	I.P 거더로 대체						
1STR11	I.P 거더로 대체						
1STR12	I.P 거더로 대체						
1STR13	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR14	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR15	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR16	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR17	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR18	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR19	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR20	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR21	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR22	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR23	I.P 거더로 대체						
1STR24	I.P 거더로 대체						
1STR25	I.P 거더로 대체						
1STR26	I.P 거더로 대체						
1STR27	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR28	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR29	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR30	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR31	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR32	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR33	kN·m	78.959	306.621	0.000	0.000	385.580	
1STR34	kN·m	62.072	271.861	0.000	0.000	333.932	

2) 격자 해석

■ 격자해석에 의한 전단력 해석결과

(단위:kN)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	V_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1STR01	kN	-6.577	-68.514	-11.738	-218.637	-0.144	305.610	139
1STR02	kN	-6.116	-59.456	-15.413	-236.282	-0.142	317.410	140
1STR03	kN	-4.876	-54.072	-14.621	-236.507	-0.140	310.216	141
1STR04	kN	4.193	52.169	14.197	234.957	0.089	305.605	142
1STR05	kN	5.561	56.111	14.935	235.695	0.084	312.385	143
1STR06	kN	7.097	60.321	15.772	236.833	0.052	320.075	144
1STR07	kN	7.637	62.191	15.932	236.850	0.026	322.636	145
1STR08	kN	6.475	57.248	15.048	237.265	0.010	316.046	146
1STR09	kN	167.339	445.192	104.068	323.062	8.037	1,047.697	147
1STR10	kN	240.071	630.614	77.041	506.930	6.469	1,461.125	148
1STR11	kN	-253.960	-657.560	-83.507	-528.604	-9.083	1,532.713	149
1STR12	kN	-163.750	-439.137	-102.547	-313.669	-7.627	1,026.730	150
1STR13	kN	-6.970	-58.109	-15.155	-237.269	-0.034	317.537	151
1STR14	kN	-8.386	-63.519	-16.395	-237.785	-0.087	326.172	152
1STR15	kN	-7.383	-60.536	-15.905	-236.686	-0.172	320.683	153
1STR16	kN	-5.047	-54.468	-14.483	-234.849	-0.151	308.998	154
1STR17	kN	-4.425	-52.832	-14.338	-235.396	-0.137	307.128	155
1STR18	kN	4.418	52.817	14.341	235.400	0.135	307.111	156
1STR19	kN	5.041	54.453	14.479	234.847	0.149	308.969	157
1STR20	kN	7.377	60.518	15.905	236.675	0.172	320.646	158
1STR21	kN	8.371	63.481	16.391	237.748	0.084	326.075	159
1STR22	kN	7.000	58.163	15.172	237.321	0.043	317.699	160
1STR23	kN	163.464	438.545	102.426	313.210	7.560	1,025.205	161
1STR24	kN	249.599	648.598	81.390	520.424	7.896	1,507.907	162
1STR25	kN	-244.442	-639.607	-79.219	-510.427	-7.205	1,480.900	163
1STR26	kN	-167.595	-445.726	-104.170	-323.451	-8.098	1,049.040	164
1STR27	kN	-6.450	-57.194	-15.039	-237.309	-0.009	316.001	165
1STR28	kN	-7.648	-62.211	-15.937	-236.814	-0.023	322.633	166
1STR29	kN	-7.101	-60.339	-15.771	-236.857	-0.052	320.121	167
1STR30	kN	-5.568	-56.137	-14.934	-235.714	-0.085	312.438	168
1STR31	kN	-4.200	-52.195	-14.195	-234.976	-0.090	305.655	169
1STR32	kN	4.869	54.053	14.618	236.505	0.139	310.183	170
1STR33	kN	6.113	59.456	15.411	236.295	0.141	317.417	171
1STR34	kN	6.570	68.510	11.739	218.668	0.143	305.630	172

■ 격자해석에 의한 모멘트 해석결과

(단위: kN·m)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	M_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1STR01	kN·m	10.403	63.509	11.830	203.413	0.274	289.429	139
1STR02	kN·m	23.616	82.406	17.138	209.294	0.871	333.325	140
1STR03	kN·m	31.560	108.361	21.735	221.396	1.504	384.555	141
1STR04	kN·m	33.174	112.815	22.750	227.668	2.136	398.543	142
1STR05	kN·m	28.159	99.333	20.315	228.483	2.755	379.045	143
1STR06	kN·m	16.125	66.153	14.093	224.115	3.244	323.730	144
1STR07	kN·m	-14.853	-70.655	-16.240	-150.735	-2.412	254.895	145
1STR08	kN·m	-27.571	-98.986	-20.973	-133.622	-2.413	283.565	146
1STR09	kN·m	-772.662	-2,017.561	-459.451	-852.122	-41.591	4,143.386	147
1STR10	kN·m	-1,830.636	-4,839.667	-766.273	-2,392.652	-70.818	9,900.046	148
1STR11	kN·m	-1,875.178	-4,931.001	-788.060	-2,490.702	-83.092	10,168.033	149
1STR12	kN·m	-749.911	-1,978.455	-449.895	-789.930	-38.900	4,007.091	150
1STR13	kN·m	-22.624	-90.108	-18.984	-129.766	-1.849	263.331	151
1STR14	kN·m	8.116	34.266	9.035	212.045	3.314	266.775	152
1STR15	kN·m	27.568	85.572	19.095	222.867	2.887	357.989	153
1STR16	kN·m	38.944	114.980	24.513	225.558	1.984	405.979	154
1STR17	kN·m	43.193	125.839	26.160	225.060	1.188	421.440	155
1STR18	kN·m	43.198	125.855	26.172	225.080	1.187	421.493	156
1STR19	kN·m	38.957	115.006	24.515	225.581	1.983	406.042	157
1STR20	kN·m	27.585	85.613	19.098	222.892	2.886	358.074	158
1STR21	kN·m	8.153	34.345	9.049	212.098	3.315	266.959	159
1STR22	kN·m	-22.723	-90.298	-19.048	-129.630	-1.821	263.519	160
1STR23	kN·m	-748.645	-1,975.843	-449.369	-788.361	-38.611	4,000.829	161
1STR24	kN·m	-1,852.910	-4,885.376	-777.292	-2,441.603	-77.037	10,034.218	162
1STR25	kN·m	-1,852.790	-4,885.134	-777.234	-2,441.384	-76.989	10,033.531	163
1STR26	kN·m	-773.757	-2,019.843	-459.868	-854.114	-41.854	4,149.436	164
1STR27	kN·m	-27.486	-98.812	-20.935	-133.419	-2.382	283.035	165
1STR28	kN·m	-14.911	-70.766	-16.266	-150.720	-2.423	255.085	166
1STR29	kN·m	16.109	66.122	14.088	224.140	3.245	323.703	167
1STR30	kN·m	28.144	99.300	20.311	228.510	2.755	379.021	168
1STR31	kN·m	33.164	112.798	22.746	227.691	2.136	398.536	169
1STR32	kN·m	31.553	108.339	21.740	221.399	1.504	384.536	170
1STR33	kN·m	23.618	82.418	17.135	209.329	0.871	333.371	171
1STR34	kN·m	10.404	63.533	11.840	203.456	0.274	289.506	172

3) 단 면 검 토

- 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력

구 분	상부 플랜지 (f_{ca})	하부 플랜지 (f_{ca})
1STR01	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR02	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR03	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR04	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR05	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR06	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR07	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR08	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR09	I.P 거더로 대체	
1STR10	I.P 거더로 대체	
1STR11	I.P 거더로 대체	
1STR12	I.P 거더로 대체	
1STR13	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR14	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR15	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR16	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR17	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR18	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR19	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR20	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR21	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR22	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR23	I.P 거더로 대체	
1STR24	I.P 거더로 대체	
1STR25	I.P 거더로 대체	
1STR26	I.P 거더로 대체	
1STR27	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR28	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR29	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR30	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR31	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR32	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR33	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$
1STR34	$bfu'/16.0 \leq tfu < bfu' = 114.150 \text{ MPa}$	$bfl'/16.0 \leq tfl < bfl' = 114.150 \text{ MPa}$

▪ 허용 휨 압축응력

구 분	상 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1STR01	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 112.675$ MPa	
1STR02	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR03	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR04	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR05	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR06	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR07	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR08	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR09	I.P 거더로 대체					
1STR10	I.P 거더로 대체					
1STR11	I.P 거더로 대체					
1STR12	I.P 거더로 대체					
1STR13	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR14	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR15	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR16	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR17	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR18	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR19	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR20	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR21	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR22	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR23	I.P 거더로 대체					
1STR24	I.P 거더로 대체					
1STR25	I.P 거더로 대체					
1STR26	I.P 거더로 대체					
1STR27	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR28	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR29	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR30	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR31	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR32	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR33	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR34	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bfu \leq 30 = 112.661$ MPa	

구 분	하 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1STR01	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 112.675$ MPa	
1STR02	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR03	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR04	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR05	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR06	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR07	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR08	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR09	I.P 거더로 대체					
1STR10	I.P 거더로 대체					
1STR11	I.P 거더로 대체					
1STR12	I.P 거더로 대체					
1STR13	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR14	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR15	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR16	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR17	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR18	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR19	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR20	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR21	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR22	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR23	I.P 거더로 대체					
1STR24	I.P 거더로 대체					
1STR25	I.P 거더로 대체					
1STR26	I.P 거더로 대체					
1STR27	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR28	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR29	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR30	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR31	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR32	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR33	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 107.691$ MPa	
1STR34	9,000.0	3,000.0	3.000	2.121	$9.3/K < Bf/bf_l \leq 30 = 112.661$ MPa	

▪ 계산 적용 부재력 및 허용응력

구 분	V_{umax} (kN)	M_{umax} (kN·m)	상부 플랜지 (MPa)			하부 플랜지 (MPa)			비 고
			f_{ca}	f_{ta}	σ_a	f_{ca}	f_{ta}	σ_a	
1STR01	314.10	333.79	112.67	140.00	80.00	112.67	140.00	80.00	
1STR02	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR03	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR04	347.71	398.54	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR05	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR06	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR07	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR08	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR09	1,047.70	4,143.39	I.P 거더로 대체						
1STR10	1,461.12	9,900.05	I.P 거더로 대체						
1STR11	1,532.71	10,168.03	I.P 거더로 대체						
1STR12	1,026.73	4,007.09	I.P 거더로 대체						
1STR13	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR14	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR15	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR16	347.71	405.98	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR17	347.71	421.44	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR18	347.71	421.49	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR19	347.71	406.04	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR20	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR21	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR22	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR23	1,025.20	4,000.83	I.P 거더로 대체						
1STR24	1,507.91	10,034.22	I.P 거더로 대체						
1STR25	1,480.90	10,033.53	I.P 거더로 대체						
1STR26	1,049.04	4,149.44	I.P 거더로 대체						
1STR27	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR28	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR29	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR30	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR31	347.71	398.54	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR32	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR33	347.71	385.58	107.69	140.00	80.00	107.69	140.00	80.00	
1STR34	314.21	333.93	112.66	140.00	80.00	112.66	140.00	80.00	

■ 응 력 검 토

구 분	전단응력 (MPa)			상부 플랜지 (MPa)				하부 플랜지 (MPa)			
	u	u_a	판정	f_u	f_{ca}	f_{ta}	판정	f_l	f_{ca}	f_{ta}	판정
1STR01	34.90	80.00	0.K	83.01	112.67	140.00	0.K	83.01	112.67	140.00	0.K
1STR02	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR03	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR04	38.63	80.00	0.K	99.11	107.69	140.00	0.K	99.11	107.69	140.00	0.K
1STR05	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR06	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR07	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR08	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR14	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR15	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR16	38.63	80.00	0.K	100.96	107.69	140.00	0.K	100.96	107.69	140.00	0.K
1STR17	38.63	80.00	0.K	104.81	107.69	140.00	0.K	104.81	107.69	140.00	0.K
1STR18	38.63	80.00	0.K	104.82	107.69	140.00	0.K	104.82	107.69	140.00	0.K
1STR19	38.63	80.00	0.K	100.98	107.69	140.00	0.K	100.98	107.69	140.00	0.K
1STR20	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR21	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR22	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR28	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR29	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR30	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR31	38.63	80.00	0.K	99.11	107.69	140.00	0.K	99.11	107.69	140.00	0.K
1STR32	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR33	38.63	80.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K	95.89	107.69	140.00	0.K
1STR34	34.91	80.00	0.K	83.05	112.66	140.00	0.K	83.05	112.66	140.00	0.K

▪ 합성 응력 검토

구 분	상부 플랜지 인장 하부 플랜지 압축인 경우					상부 플랜지 압축 하부 플랜지 인장인 경우				
	인장	전단	합성응력	허용	판별	인장	전단	합성응력	허용	판별
1STR01	0.543	0.190	0.733	1.2	0.K	0.543	0.190	0.733	1.2	0.K
1STR02	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR03	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR04	0.847	0.233	1.080	1.2	0.K	0.847	0.233	1.080	1.2	0.K
1STR05	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR06	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR07	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR08	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체									
1STR10	I.P 거더로 대체									
1STR11	I.P 거더로 대체									
1STR12	I.P 거더로 대체									
1STR13	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR14	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR15	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR16	0.879	0.233	1.112	1.2	0.K	0.879	0.233	1.112	1.2	0.K
1STR17	0.947	0.233	1.180	1.2	0.K	0.947	0.233	1.180	1.2	0.K
1STR18	0.947	0.233	1.181	1.2	0.K	0.947	0.233	1.181	1.2	0.K
1STR19	0.879	0.233	1.112	1.2	0.K	0.879	0.233	1.112	1.2	0.K
1STR20	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR21	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR22	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체									
1STR24	I.P 거더로 대체									
1STR25	I.P 거더로 대체									
1STR26	I.P 거더로 대체									
1STR27	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR28	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR29	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR30	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR31	0.847	0.233	1.080	1.2	0.K	0.847	0.233	1.080	1.2	0.K
1STR32	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR33	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K	0.793	0.233	1.026	1.2	0.K
1STR34	0.543	0.190	0.734	1.2	0.K	0.543	0.190	0.734	1.2	0.K

4) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

▪ 수직 보강재 설치 검토 및 단면 제원

구 분	설치 검토 (mm)			n	f (MPa)	σ (MPa)	b_{vs} (mm)	t_{vs} (mm)	a (mm)	b (mm)	t (mm)
	순간격	허용값	판 정								
1STR01	900.0	710.0	필 요	0	83.011	34.901	130.0	12.0	1,220.0	900.0	10.0
1STR02	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR03	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR04	900.0	710.0	필 요	0	99.113	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR05	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR06	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR07	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR08	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR14	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR15	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR16	900.0	710.0	필 요	0	100.962	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR17	900.0	710.0	필 요	0	104.808	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR18	900.0	710.0	필 요	0	104.821	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR19	900.0	710.0	필 요	0	100.978	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR20	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR21	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR22	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR28	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR29	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR30	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR31	900.0	710.0	필 요	0	99.111	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR32	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR33	900.0	710.0	필 요	0	95.890	38.635	140.0	12.0	1,398.0	900.0	10.0
1STR34	900.0	710.0	필 요	0	83.045	34.912	140.0	12.0	1,220.0	900.0	10.0

▪ 수직보강재 간격 검토

구 분	간격 검토						수직보강재 강도검토 (mm^4)			비 고
	a/b	허용값	판정	$n = 0$	허용값	판정	$I_{(req)}$	$I_{(use)}$	판정	
1STR01	1.356	3.000	0.K	0.095	1.000	0.K	3.588E+05	1.758E+07	0.K	
1STR02	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR03	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR04	1.553	3.000	0.K	0.135	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR05	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR06	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR07	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR08	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR09	I.P 거더로 대체									
1STR10	I.P 거더로 대체									
1STR11	I.P 거더로 대체									
1STR12	I.P 거더로 대체									
1STR13	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR14	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR15	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR16	1.553	3.000	0.K	0.137	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR17	1.553	3.000	0.K	0.141	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR18	1.553	3.000	0.K	0.141	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR19	1.553	3.000	0.K	0.137	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR20	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR21	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR22	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR23	I.P 거더로 대체									
1STR24	I.P 거더로 대체									
1STR25	I.P 거더로 대체									
1STR26	I.P 거더로 대체									
1STR27	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR28	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR29	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR30	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR31	1.553	3.000	0.K	0.135	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR32	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR33	1.553	3.000	0.K	0.132	1.000	0.K	2.733E+05	2.195E+07	0.K	
1STR34	1.356	3.000	0.K	0.095	1.000	0.K	3.588E+05	2.195E+07	0.K	

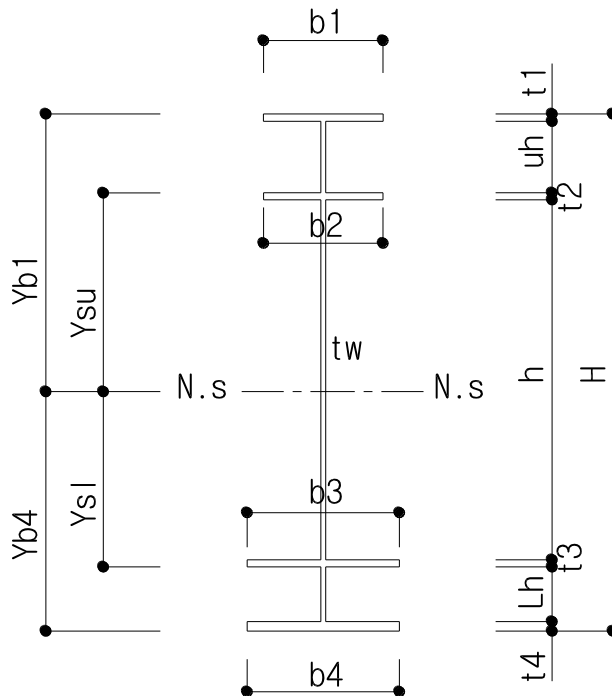
▪ 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

(단위:mm)

구 분	최소 폭 검토			최소 폭 검토			비 고
	$b_{vs(req)}$	$b_{vs(use)}$	판정	$t_{vs(req)}$	$t_{vs(use)}$	판정	
1STR01	80.000	130.000	0.K	10.000	12.000	0.K	
1STR02	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR03	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR04	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR05	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR06	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR07	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR08	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR09	I.P 거더로 대체						
1STR10	I.P 거더로 대체						
1STR11	I.P 거더로 대체						
1STR12	I.P 거더로 대체						
1STR13	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR14	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR15	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR16	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR17	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR18	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR19	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR20	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR21	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR22	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR23	I.P 거더로 대체						
1STR24	I.P 거더로 대체						
1STR25	I.P 거더로 대체						
1STR26	I.P 거더로 대체						
1STR27	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR28	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR29	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR30	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR31	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR32	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR33	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	
1STR34	80.000	140.000	0.K	10.769	12.000	0.K	

7.1 세로보의 설계

[1STR9, 1STR12, 1STR23, 1STR26]



사용강재 : SM400B

b1 =	400	mm
b2 =	400	mm
b3 =	300	mm
b4 =	600	mm
t1 =	24	mm
t2 =	24	mm
t3 =	12	mm
t4 =	24	mm
uh =	142	mm
Lh =	150	mm
h =	1655	mm
H =	2031	mm
tw =	20	mm

- 위치 1STR26

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-2793.600
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-459.868
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	0
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-895.968
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-278.131
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-104.170
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	0
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-331.549
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0
Mvst : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
G : 전단 탄성계수		79,000
L : 가로보 간격		5,000
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

① 합성전/후 단면(각 부재별 y좌표는 내측복부의 중심을 기준으로 기술함)

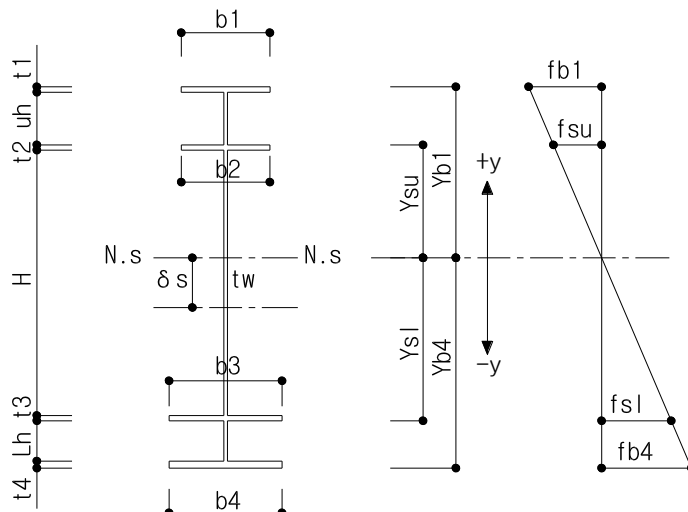
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	;	400	X 24	9600	1005.5	9652800	9705890400	460800
T WEB	1	;	142	X 20	2840	922.5	2619900	2416857750	4772146.667
T WEB	1	;	-50	X 20	-1000	892.5	-892500	-796556250	-208333.3333
UPPER FL.	1	;	400	X 24	9600	839.5	8059200	6765698400	460800
WEB	1	;	1655	X 20	33100	0	0	0	7555143958
Lower FL.	1	;	300	X 12	3600	-833.5	-3000600	2501000100	43200
⊥ WEB	1	;	150	X 20	3000	-914.5	-2743500	2508930750	5625000
⊥ FL.	1	;	600	X 24	14400	-1001.5	-14421600	14443232400	691200
TOTAL					75140		-726300	37545053550	7566988772

② 부재 검토

---- 도.설 3.8.4.1

상판(b1) 두께 검토			상판(b2) 두께 검토			복부판 두께 검토		
필요	사용	판정	필요	사용	판정	필요	사용	판정
$b_{fu}' / 16 = 11.9$	24	0.K	$b_{fu}' / 16 = 11.9$	24	0.K	$h_w / 150 = 11.0$	20	0.K
하판(b3) 두께 검토			하판(b4) 두께 검토					
필요	사용	판정	필요	사용	판정			
$b_{fu}' / 16 = 8.8$	12	0.K	$h_w / 16 = 18.1$	24	0.K			

③ 응력검토



$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o = 37545053550 + 7566988772 = 45112042322 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -726300 / 75140 = -9.666 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 45112042322 - 75140 \times (-9.666)^2 = 45105021937 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
Y_{b1} &= Y_{su} + (u_h + t_1) = 861.166 + 166 = 1027.166 \text{ mm} \\
Y_{su} &= H/2 + t_1 - \delta_s = 1655 / 2 + 24 - 9.666 = 861.166 \text{ mm} \\
Y_{sl} &= Y_{su} - (H + t_1 + t_3) = 861.166 - (1655 + 24 + 12) = -829.834 \text{ mm} \\
Y_{b4} &= Y_{su} - (H + t_1 + t_3 + t_4 + L_h) = 861.166 - 1865 = -1003.834 \text{ mm} \\
K &= \sum (b \times t^3) / 3 = 11816000 \text{ mm}^4 \\
M_t &= M_s + M_{sc} + M_w + M_v = -2793.6 + -459.868 + 0 + -895.968 = -4149.436 \text{ mm} \\
f_{b1} &= M_t \cdot Y_{b1} / I_{33} = -94.494 \text{ Mpa} : b1 \\
f_{su} &= M_t \cdot Y_{su} / I_{33} = -79.223 \text{ Mpa} : b2 \\
f_{sl} &= M_t \cdot Y_{sl} / I_{33} = 76.341 \text{ Mpa} : b3 \\
f_{b4} &= M_t \cdot Y_{b4} / I_{33} = 92.348 \text{ Mpa} : b4
\end{aligned}$$

④ 전단 및 비틀림

$$\begin{aligned}
M_t &= M_{st} + M_{sct} + M_{vt} : \text{순수비틀림모멘트} \\
&= 0 + 0 + 0 = 0 \text{ Nmm} \\
W_n &= H \cdot B_u / 4 : \text{뒀좌표} \\
&= 1865 \times 400 / 4 = 186500 \text{ mm}^2 \\
I_w &= \{ H^2 \cdot (t_2 \cdot b_2^3 \times t_4 \cdot b_4^3) \} / \{ 12 \cdot (t_2 \cdot b_2^3 + t_4 \cdot b_4^3) \} : \text{뒀비틀림상수} \\
&= \{ 2007^2 \times (24 \times 400^3 \times 24 \times 600^3) \} / \{ 12 \times (24 \times 400^3 + 24 \times 600^3) \} = 3.97741E+14 \text{ mm}^6 \\
a &= L \cdot \sqrt{\{ (G \cdot K) / (E_s \cdot I_w) \}} : \text{비틀림 상수비} \\
&= 5,000 \times \sqrt{\{ (79,000 \times 11816000) / (205000 \times 397,741,066,971,429) \}} = 0.5350 \\
M_{wa} &= \{ (M_t / L) / (a / L)^2 \} \cdot \{ (2 \times \sinh(a/2)) / \sinh(a) \} : \text{뒀모멘트} \\
&= \{ (0 / 5,000) / (0.53 / 5,000)^2 \} \times \{ (2 \times 0.2706939) / 0.5608723 - 1 \} = 0.00 \text{ Nmm}^2 \\
T_{wa} &= - (M_t / L) / (a / L) \times \{ (1 - \cosh(a)) / \sinh(a) \} : \text{뒀비틀림모멘트} \\
&= - \{ (0 / 5,000) / (0.53 / 5,000) \} \times \{ (1 - 1.1465504) / 0.5608723 \} = 0.00 \text{ Nmm} \\
S_{wa} &= 2572500000.00 \text{ mm}^4 \\
u &= (S_s + S_{sc} + S_v) / A_s(\text{Web}) \\
&= (-278130.8 + -104170 + -331549.3) / 36100 = -19.77 \text{ MPa} \\
u_t &= (M_{st} + M_{sct} + M_{vt}) \times T_w / K : \text{순수비틀림에 의한 전단응력} \\
&= (0 + 0 + 0) \times 20 / 11816000 = 0.0 \text{ MPa} \\
f_w &= M_{wa} \times W_n / I_w : \text{뒀비틀림에 의한 수직응력} \\
&= 0.00 \times 186500 / 3.97741E+14 = 0.0 \text{ MPa} \\
u_w &= T_{wa} \times S_{wa} / (I_w \times t_2) \\
&= 0.00 \times 2572500000 / (3.97741E+14 \times 24) = 0.0 \text{ MPa} \\
u_{\max} &= -19.77 \text{ MPa} < u_a = 80 \text{ MPa} \quad \text{O.K. !}
\end{aligned}$$

⑤ 조합응력 검토

- 강재 허용응력

$$f_{ta} = \quad : \text{인장}(t_1, t_2)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

* 강재 SM400 사용

$$\textcircled{1} = b / 12.9 = 140 / 12.9 = 10.85 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 140 / 16 = 8.75 \text{ mm}$$

∴ $t_3 \geq \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = \quad = 140.00 \text{ MPa}$$

∴ $\textcircled{2} \leq t_3 < \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 176.33 \text{ MPa}$$

$t_3 = 12 \text{ mm}$: 사용된 플랜지 두께(t_3)

$$f_{ca} = \quad : \text{압축}(t_3)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

$$\textcircled{1} = b / 12.9 = 290 / 12.9 = 22.48 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 290 / 16 = 18.13 \text{ mm}$$

∴ $t_4 \geq \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = \quad = 140.00 \text{ MPa}$$

∴ $\textcircled{2} \leq t_4 < \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_4/b)^2 = 164.38 \text{ MPa}$$

$t_4 = 24 \text{ mm}$: 사용된 플랜지 두께(t_4)

$$f_{ca} = \quad : \text{압축}(t_3, t_4)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

- 철근 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* SD 400 사용

$$f_{ta} = \quad = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = \quad = 180.000 \text{ MPa}$$

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Steel							
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)			
	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)
1	-94.494	-79.223	76.341	92.348	140.000	140.000	140.000	140.000

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Steel							
	작용응력/허용응력				검 토			
	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)
1	67.5%	56.6%	54.5%	66.0%	OK	OK	OK	OK

⑥ 합성응력 검토

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-79.223}{140.000}\right)^2 + \left(\frac{-19.774}{80.000}\right)^2 = 0.320 + 0.061 = 0.381 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{92.348}{140.000}\right)^2 + \left(\frac{-19.774}{80.000}\right)^2 = 0.435 + 0.061 = 0.496 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

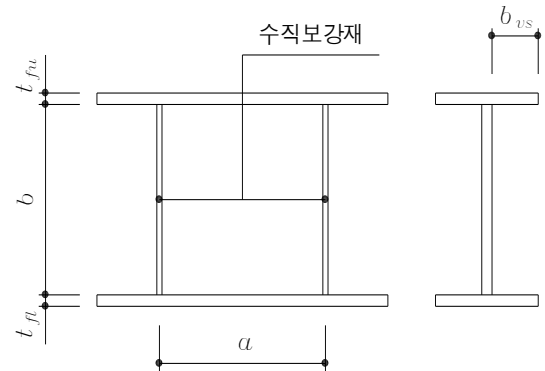
[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치]

---- 도.설 3.8.5.1 표3.8.5

$$71 \quad t_w = 1,420.0 \text{ mm} < h_w = 1,655.0 \text{ mm} \quad \text{수직보강재 필요}$$

⑦ 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수	:	$n = 0$
복부판의 연섬유 압축응력	:	$f = 79.223 \text{ MPa}$
복부판의 전단응력	:	$u = 19.774 \text{ MPa}$
사용 수직 보강재의 폭	:	$b_{vs} = 150.0 \text{ mm}$
사용 수직 보강재의 두께	:	$t_{vs} = 12.0 \text{ mm}$
사용 수직 보강재의 간격	:	$a = 2,500.0 \text{ mm}$
상·하 양 플랜지의 순간격	:	$b = 1,655.0 \text{ mm}$
복부판의 두께	:	$t = 20.0 \text{ mm}$



- 수직보강재 간격 검토

$$a / b = 2,500.0 / 1,655.0 = 1.511 \leq 3.000 \quad \text{O.K. !}$$

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$$\begin{aligned} a / b &> 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{u/(81+61(b/a)^2)\}^2] \leq 1 \\ a / b &\leq 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{u/(61+81(b/a)^2)\}^2] \leq 1 \\ a / b &> 1.00 \quad \text{이므로} \quad \Rightarrow \quad 0.038 \leq 1 \quad \text{O.K. !} \end{aligned}$$

- 수직 보강재의 강도검토

---- 도.설 3.8.5.2

· 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 1,655.0 \times 20.0^3 \times 3.506 / 10.92 = 4.251\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

· 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0[b/a]^2 = 8.0 \times (1,655.0 / 2,500.0)^2 = 3.506$$

· 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 12.0 \times 150.0^3 \times 2ea = 2.700\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 2.700\text{E}+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 4.251\text{E}+06 \text{ mm}^4 \quad \text{O.K. !}$$

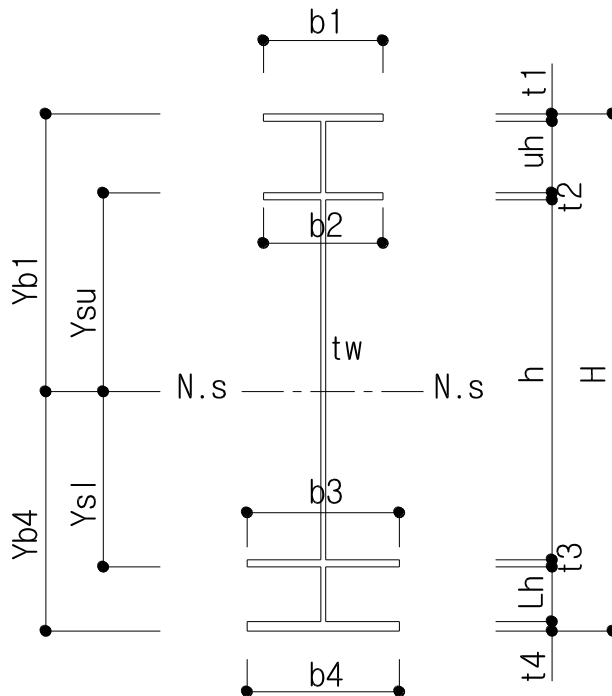
- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

---- 도.설 3.8.5.2

$$\begin{aligned} b_{vs(req)} &= 1,655.0 / 30 + 50\text{mm} = 105.167 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 150.000 \text{ mm} \quad \text{O.K. !} \\ t_{vs(req)} &= 150.0 / 13 = 11.538 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 12.000 \text{ mm} \quad \text{O.K. !} \end{aligned}$$

7.1 세로보의 설계

[1STR10, 1STR11, 1STR24, 1STR25]



사용강재 : SM400B

b1 =	400	mm
b2 =	400	mm
b3 =	300	mm
b4 =	600	mm
t1 =	24	mm
t2 =	24	mm
t3 =	12	mm
t4 =	24	mm
uh =	142	mm
Lh =	150	mm
h =	2638	mm
H =	3014	mm
tw =	20	mm

- 위치 1STR11

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-6806.179
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-788.060
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	0
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-2573.794
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-403.600
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-83.507
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	0
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-537.686
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
G : 전단 탄성계수		79,000
L : 가로보 간격		5,000
tcu , tcl : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

① 합성전/후 단면(각 부재별 y좌표는 내측복부의 중심을 기준으로 기술함)

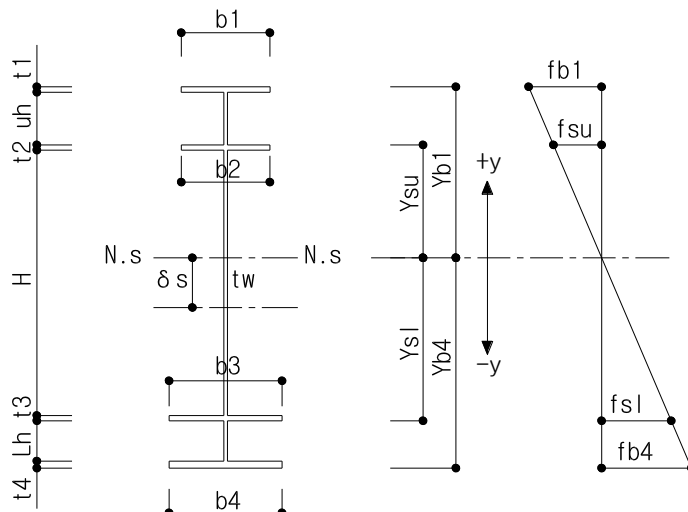
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	;	400	X 24	9600	1497	14371200	21513686400	460800
T WEB	1	;	142	X 20	2840	1414	4015760	5678284640	4772146.667
T WEB	1	;	-50	X 20	-1000	1384	-1384000	-1915456000	-208333.3333
UPPER FL.	1	;	400	X 24	9600	1331	12777600	17006985600	460800
WEB	1	;	2638	X 20	52760	0	0	0	30596596787
Lower FL.	1	;	300	X 12	3600	-1325	-4770000	6320250000	43200
⊥ WEB	1	;	150	X 20	3000	-1406	-4218000	5930508000	5625000
⊥ FL.	1	;	600	X 24	14400	-1493	-21499200	32098305600	691200
TOTAL					94800		-706640	86632564240	30608441600

② 부재 검토

---- 도.설 3.8.4.1

상판(b1) 두께 검토			상판(b2) 두께 검토			복부판 두께 검토		
필요	사용	판정	필요	사용	판정	필요	사용	판정
$b_{fu}' / 16 = 11.9$	24	0.K	$b_{fu}' / 16 = 11.9$	24	0.K	$h_w / 150 = 17.6$	20	0.K
하판(b3) 두께 검토			하판(b4) 두께 검토					
필요	사용	판정	필요	사용	판정			
$b_{fu}' / 16 = 8.8$	12	0.K	$h_w / 16 = 18.1$	24	0.K			

③ 응력검토



$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o = 86632564240 + 30608441600 = 117241005840 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -706640 / 94800 = -7.454 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 117241005840 - 94800 \times (-7.454)^2 = 117235738539 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
Y_{b1} &= Y_{su} + (u_h + t_1) = 1350.454 + 166 = 1516.454 \text{ mm} \\
Y_{su} &= H/2 + t_1 - \delta_s = 2638 / 2 + 24 - 7.454 = 1350.454 \text{ mm} \\
Y_{sl} &= Y_{su} - (H + t_1 + t_3) = 1350.454 - (2638 + 24 + 12) = -1323.546 \text{ mm} \\
Y_{b4} &= Y_{su} - (H + t_1 + t_3 + t_4 + L_h) = 1350.454 - 2848 = -1497.546 \text{ mm} \\
K &= \sum (b \times t^3) / 3 = 14437333 \text{ mm}^4 \\
M_t &= M_s + M_{sc} + M_w + M_v = -6806.2 + -788.060 + 0 + -2573.794 = -10168.033 \text{ mm} \\
f_{b1} &= M_t \cdot Y_{b1} / I_{33} = -131.524 \text{ Mpa} : b1 \\
f_{su} &= M_t \cdot Y_{su} / I_{33} = -117.127 \text{ Mpa} : b2 \\
f_{sl} &= M_t \cdot Y_{sl} / I_{33} = 114.793 \text{ Mpa} : b3 \\
f_{b4} &= M_t \cdot Y_{b4} / I_{33} = 129.884 \text{ Mpa} : b4
\end{aligned}$$

④ 전단 및 비틀림

$$\begin{aligned}
M_t &= M_{st} + M_{sct} + M_{vt} : \text{순수비틀림모멘트} \\
&= 0 + 0 + 0 = 0 \text{ Nmm} \\
W_n &= H \cdot B_u / 4 : \text{뒀좌표} \\
&= 2848 \times 400 / 4 = 284800 \text{ mm}^2 \\
I_w &= \{ H^2 \cdot (t_2 \cdot b_2^3 \times t_4 \cdot b_4^3) \} / \{ 12 \cdot (t_2 \cdot b_2^3 + t_4 \cdot b_4^3) \} : \text{뒀비틀림상수} \\
&= \{ 2990^2 \times (24 \times 400^3 \times 24 \times 600^3) \} / \{ 12 \times (24 \times 400^3 + 24 \times 600^3) \} = 8.82771E+14 \text{ mm}^6 \\
a &= L \cdot \sqrt{\{ (G \cdot K) / (E_s \cdot I_w) \}} : \text{비틀림 상수비} \\
&= 5,000 \times \sqrt{\{ (79,000 \times 14437333) / (205000 \times 882,771,017,142,857) \}} = 0.3969 \\
M_{wa} &= \{ (M_t / L) / (a / L)^2 \} \cdot \{ (2 \times \sinh(a/2)) / \sinh(a) \} : \text{뒀모멘트} \\
&= \{ (0 / 5,000) / (0.40 / 5,000)^2 \} \times \{ (2 \times 0.1997761) / 0.4074474 - 1 \} = 0.00 \text{ Nmm}^2 \\
T_{wa} &= - (M_t / L) / (a / L) \times \{ (1 - \cosh(a)) / \sinh(a) \} : \text{뒀비틀림모멘트} \\
&= - \{ (0 / 5,000) / (0.40 / 5,000) \} \times \{ (1 - 1.079821) / 0.4074474 \} = 0.00 \text{ Nmm} \\
S_{wa} &= 2572500000.00 \text{ mm}^4 \\
u &= (S_s + S_{sc} + S_v) / A_s(\text{Web}) \\
&= (-403600.2 + -83506.76 + -537686.2) / 55760 = -18.38 \text{ MPa} \\
u_t &= (M_{st} + M_{sct} + M_{vt}) \times T_w / K : \text{순수비틀림에 의한 전단응력} \\
&= (0 + 0 + 0) \times 20 / 14437333 = 0.0 \text{ MPa} \\
f_w &= M_{wa} \times W_n / I_w : \text{뒀비틀림에 의한 수직응력} \\
&= 0.00 \times 284800 / 8.82771E+14 = 0.0 \text{ MPa} \\
u_w &= T_{wa} \times S_{wa} / (I_w \times t_2) \\
&= 0.00 \times 2572500000 / (8.82771E+14 \times 24) = 0.0 \text{ MPa} \\
u_{\max} &= -18.38 \text{ MPa} < u_a = 80 \text{ MPa} \quad \text{O.K. !}
\end{aligned}$$

⑤ 조합응력 검토

- 강재 허용응력

$$f_{ta} = \quad : \text{인장}(t_1, t_2)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

* 강재 SM400 사용

$$\textcircled{1} = b / 12.9 = 140 / 12.9 = 10.85 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 140 / 16 = 8.75 \text{ mm}$$

∴ $t_3 \geq \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = \quad = 140.00 \text{ MPa}$$

∴ $\textcircled{2} \leq t_3 < \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 176.33 \text{ MPa}$$

$t_3 = 12 \text{ mm}$: 사용된 플랜지 두께(t_3)

$$f_{ca} = \quad : \text{압축}(t_3)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

$$\textcircled{1} = b / 12.9 = 290 / 12.9 = 22.48 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 290 / 16 = 18.13 \text{ mm}$$

∴ $t_4 \geq \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = \quad = 140.00 \text{ MPa}$$

∴ $\textcircled{2} \leq t_4 < \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_4/b)^2 = 164.38 \text{ MPa}$$

$t_4 = 24 \text{ mm}$: 사용된 플랜지 두께(t_4)

$$f_{ca} = \quad : \text{압축}(t_3, t_4)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

- 철근 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* SD 400 사용

$$f_{ta} = \quad = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = \quad = 180.000 \text{ MPa}$$

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Steel							
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)			
	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)
1	-131.524	-117.127	114.793	129.884	140.000	140.000	140.000	140.000

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Steel							
	작용응력/허용응력				검 토			
	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)
1	93.9%	83.7%	82.0%	92.8%	OK	OK	OK	OK

⑥ 합성응력 검토

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-117.127}{140.000}\right)^2 + \left(\frac{-18.379}{80.000}\right)^2 = 0.700 + 0.053 = 0.753 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{129.884}{140.000}\right)^2 + \left(\frac{-18.379}{80.000}\right)^2 = 0.861 + 0.053 = 0.913 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

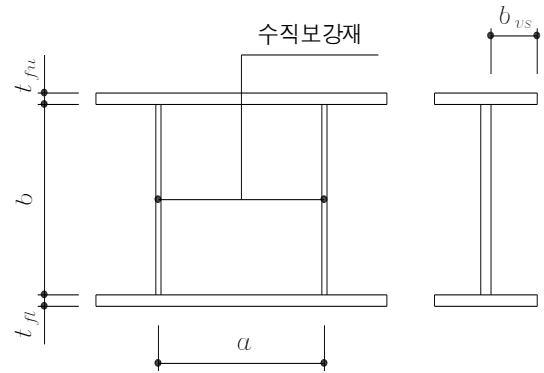
[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치]

---- 도.설 3.8.5.1 표3.8.5

$$71 \quad t_w = 1,420.0 \text{ mm} < h_w = 2,638.0 \text{ mm} \quad \text{수직보강재 필요}$$

⑦ 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수	:	$n = 0$
복부판의 연섬유 압축응력	:	$f = 117.127 \text{ MPa}$
복부판의 전단응력	:	$u = 18.379 \text{ MPa}$
사용 수직 보강재의 폭	:	$b_{vs} = 150.0 \text{ mm}$
사용 수직 보강재의 두께	:	$t_{vs} = 12.0 \text{ mm}$
사용 수직 보강재의 간격	:	$a = 2,500.0 \text{ mm}$
상·하 양 플랜지의 순간격	:	$b = 2,638.0 \text{ mm}$
복부판의 두께	:	$t = 20.0 \text{ mm}$



- 수직보강재 간격 검토

$$a / b = 2,500.0 / 2,638.0 = 0.948 \leq 3.000 \quad \text{O.K. !}$$

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$$\begin{aligned} a / b > 1.00 & \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{u/(81+61(b/a)^2)\}^2] \leq 1 \\ a / b \leq 1.00 & \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{u/(61+81(b/a)^2)\}^2] \leq 1 \\ a / b \leq 1.00 & \quad \text{이므로} \Rightarrow 0.356 \leq 1 \quad \text{O.K. !} \end{aligned}$$

- 수직 보강재의 강도검토

---- 도.설 3.8.5.2

· 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 2,638.0 \times 20.0^3 \times 8.908 / 10.92 = 1.721\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

· 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0[b/a]^2 = 8.0 \times (2,638.0 / 2,500.0)^2 = 8.908$$

· 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 12.0 \times 150.0^3 \times 2ea = 2.700\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 2.700\text{E}+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 1.721\text{E}+07 \text{ mm}^4 \quad \text{O.K. !}$$

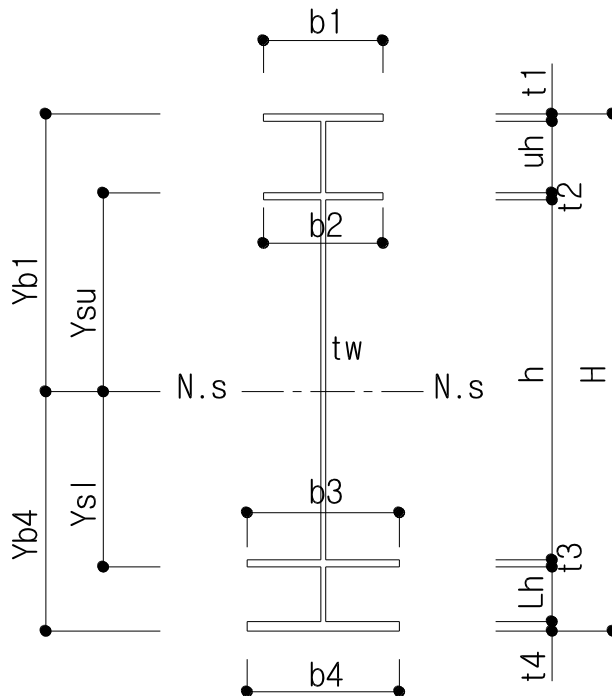
- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

---- 도.설 3.8.5.2

$$\begin{aligned} b_{vs(req)} &= 2,638.0 / 30 + 50\text{mm} = 137.933 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 150.000 \text{ mm} \quad \text{O.K. !} \\ t_{vs(req)} &= 150.0 / 13 = 11.538 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 12.000 \text{ mm} \quad \text{O.K. !} \end{aligned}$$

7.1 세로보의 설계

[1STR9, 1STR12, 1STR23, 1STR26]



사용강재 : SM400B

b1 =	400	mm
b2 =	400	mm
b3 =	300	mm
b4 =	600	mm
t1 =	24	mm
t2 =	24	mm
t3 =	12	mm
t4 =	24	mm
uh =	142	mm
Lh =	150	mm
h =	1450	mm
H =	1826	mm
tw =	20	mm

- 위치 1STR15

구 분	단 위	Input Data
Es : 강재의 탄성계수	MPa	205000
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-2793.600
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN-m	-459.868
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN-m	0
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN-m	-895.968
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-278.131
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-104.170
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	0
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-331.549
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN-m	0.000
G : 전단 탄성계수		79,000
L : 가로보 간격		5,000
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복 두께	mm	60 , 40

① 합성전/후 단면(각 부재별 y좌표는 내측복부의 중심을 기준으로 기술함)

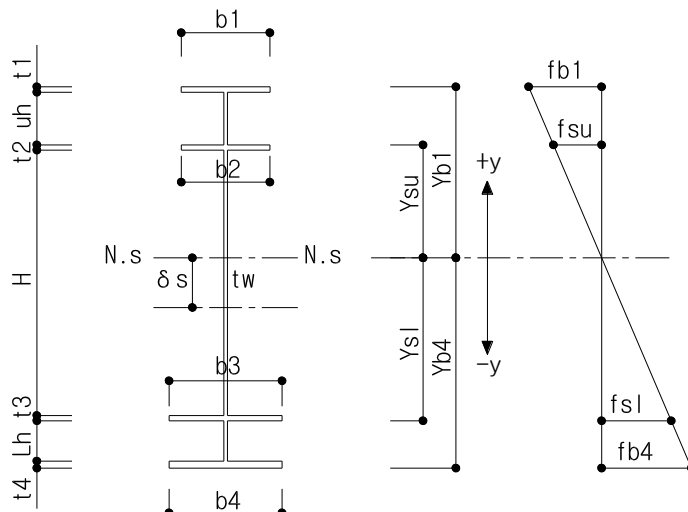
부재구분	규격				As(mm ²)	y(mm)	As*y(mm ³)	As*y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
T FL.	1	;	400	X 24	9600	903	8668800	7827926400	460800
T WEB	1	;	142	X 20	2840	820	2328800	1909616000	4772146.667
T WEB	1	;	-50	X 20	-1000	790	-790000	-624100000	-208333.3333
UPPER FL.	1	;	400	X 24	9600	737	7075200	5214422400	460800
WEB	1	;	1450	X 20	29000	0	0	0	5081041667
Lower FL.	1	;	300	X 12	3600	-731	-2631600	1923699600	43200
⊥ WEB	1	;	150	X 20	3000	-812	-2436000	1978032000	5625000
⊥ FL.	1	;	600	X 24	14400	-899	-12945600	11638094400	691200
TOTAL					71040		-730400	29867690800	5092886480

② 부재 검토

---- 도.설 3.8.4.1

상판(b1) 두께 검토			상판(b2) 두께 검토			복부판 두께 검토		
필요	사용	판정	필요	사용	판정	필요	사용	판정
$b_{fu}' / 16 = 11.9$	24	0.K	$b_{fu}' / 16 = 11.9$	24	0.K	$h_w / 150 = 9.7$	20	0.K
하판(b3) 두께 검토			하판(b4) 두께 검토					
필요	사용	판정	필요	사용	판정			
$b_{fu}' / 16 = 8.8$	12	0.K	$h_w / 16 = 18.1$	24	0.K			

③ 응력검토



$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o = 29867690800 + 5092886480 = 34960577280 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -730400 / 71040 = -10.282 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 34960577280 - 71040 \times (-10.282)^2 = 34953067649 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
Y_{b1} &= Y_{su} + (u_h + t_1) = 759.282 + 166 = 925.282 \text{ mm} \\
Y_{su} &= H/2 + t_1 - \delta_s = 1450 / 2 + 24 - 10.282 = 759.282 \text{ mm} \\
Y_{sl} &= Y_{su} - (H + t_1 + t_3) = 759.282 - (1450 + 24 + 12) = -726.718 \text{ mm} \\
Y_{b4} &= Y_{su} - (H + t_1 + t_3 + t_4 + L_h) = 759.282 - 1660 = -900.718 \text{ mm} \\
K &= \sum (b \times t^3) / 3 = 11269333 \text{ mm}^4 \\
M_t &= M_s + M_{sc} + M_w + M_v = -2793.6 + -459.868 + 0 + -895.968 = -4149.436 \text{ mm} \\
f_{b1} &= M_t \cdot Y_{b1} / I_{33} = -109.844 \text{ Mpa} : b1 \\
f_{su} &= M_t \cdot Y_{su} / I_{33} = -90.138 \text{ Mpa} : b2 \\
f_{sl} &= M_t \cdot Y_{sl} / I_{33} = 86.272 \text{ Mpa} : b3 \\
f_{b4} &= M_t \cdot Y_{b4} / I_{33} = 106.928 \text{ Mpa} : b4
\end{aligned}$$

④ 전단 및 비틀림

$$\begin{aligned}
M_t &= M_{st} + M_{sct} + M_{vt} : \text{순수비틀림모멘트} \\
&= 0 + 0 + 0 = 0 \text{ Nmm} \\
W_n &= H \cdot B_u / 4 : \text{뒀좌표} \\
&= 1660 \times 400 / 4 = 166000 \text{ mm}^2 \\
I_w &= \{ H^2 \cdot (t_2 \cdot b_2^3 \times t_4 \cdot b_4^3) \} / \{ 12 \cdot (t_2 \cdot b_2^3 + t_4 \cdot b_4^3) \} : \text{뒀비틀림상수} \\
&= \{ 1802^2 \times (24 \times 400^3 \times 24 \times 600^3) \} / \{ 12 \times (24 \times 400^3 + 24 \times 600^3) \} = 3.20638E+14 \text{ mm}^6 \\
a &= L \cdot \sqrt{\{ (G \cdot K) / (E_s \cdot I_w) \}} : \text{비틀림 상수비} \\
&= 5,000 \times \sqrt{\{ (79,000 \times 11269333) / (205000 \times 320,638,200,685,714) \}} = 0.5819 \\
M_{wa} &= \{ (M_t / L) / (a / L)^2 \} \cdot \{ (2 \times \sinh(a/2)) / \sinh(a) \} : \text{뒀모멘트} \\
&= \{ (0 / 5,000) / (0.58 / 5,000)^2 \} \times \{ (2 \times 0.2950721) / 0.6152994 - 1 \} = 0.00 \text{ Nmm}^2 \\
T_{wa} &= - (M_t / L) / (a / L) \times \{ (1 - \cosh(a)) / \sinh(a) \} : \text{뒀비틀림모멘트} \\
&= - \{ (0 / 5,000) / (0.58 / 5,000) \} \times \{ (1 - 1.1741351) / 0.6152994 \} = 0.00 \text{ Nmm} \\
S_{wa} &= 2572500000.00 \text{ mm}^4 \\
u &= (S_s + S_{sc} + S_v) / A_s(\text{Web}) \\
&= (-278130.8 + -104170 + -331549.3) / 32000 = -22.31 \text{ MPa} \\
u_t &= (M_{st} + M_{sct} + M_{vt}) \times T_w / K : \text{순수비틀림에 의한 전단응력} \\
&= (0 + 0 + 0) \times 20 / 11269333 = 0.0 \text{ MPa} \\
f_w &= M_{wa} \times W_n / I_w : \text{뒀비틀림에 의한 수직응력} \\
&= 0.00 \times 166000 / 3.20638E+14 = 0.0 \text{ MPa} \\
u_w &= T_{wa} \times S_{wa} / (I_w \times t_2) \\
&= 0.00 \times 2572500000 / (3.20638E+14 \times 24) = 0.0 \text{ MPa} \\
u_{\max} &= -22.31 \text{ MPa} < u_a = 80 \text{ MPa} \quad \text{O.K. !}
\end{aligned}$$

⑤ 조합응력 검토

- 강재 허용응력

$$f_{ta} = \quad : \text{인장}(t_1, t_2)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

* 강재 SM400 사용

$$\textcircled{1} = b / 12.9 = 140 / 12.9 = 10.85 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 140 / 16 = 8.75 \text{ mm}$$

∴ $t_3 \geq \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = \quad = 140.00 \text{ MPa}$$

∴ $\textcircled{2} \leq t_3 < \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_3/b)^2 = 176.33 \text{ MPa}$$

$t_3 = 12 \text{ mm}$: 사용된 플랜지 두께(t_3)

$$f_{ca} = \quad : \text{압축}(t_3)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

$$\textcircled{1} = b / 12.9 = 290 / 12.9 = 22.48 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} = b / 16 = 290 / 16 = 18.13 \text{ mm}$$

∴ $t_4 \geq \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = \quad = 140.00 \text{ MPa}$$

∴ $\textcircled{2} \leq t_4 < \textcircled{1}$ 이면,

$$f_{ca} = 24000 \times (t_4/b)^2 = 164.38 \text{ MPa}$$

$t_4 = 24 \text{ mm}$: 사용된 플랜지 두께(t_4)

$$f_{ca} = \quad : \text{압축}(t_3, t_4)\text{플랜지의 허용응력} = 140.000 \text{ MPa}$$

- 철근 허용응력 ----- 도.설 3.9.3

* SD 400 사용

$$f_{ta} = \quad = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = \quad = 180.000 \text{ MPa}$$

: 허용응력의 할증 -----도.설 3.9.3.1

하중조합	Steel							
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)			
	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)
1	-109.844	-90.138	86.272	106.928	140.000	140.000	140.000	140.000

*** 주1) 1. 합성전 고정하중에 의한 응력 / 3. 활하중에 의한 응력 /

*** 주2) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 안전율 검토

하중조합	Steel							
	작용응력/허용응력				검 토			
	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)	상연(b1)	상연(b2)	하연(b3)	하연(b4)
1	78.5%	64.4%	61.6%	76.4%	OK	OK	OK	OK

⑥ 합성응력 검토

- 상 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-90.138}{140.000}\right)^2 + \left(\frac{-22.308}{80.000}\right)^2 = 0.415 + 0.078 = 0.492 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

- 하 연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{106.928}{140.000}\right)^2 + \left(\frac{-22.308}{80.000}\right)^2 = 0.583 + 0.078 = 0.661 < 1.2 \quad \text{O.K. !}$$

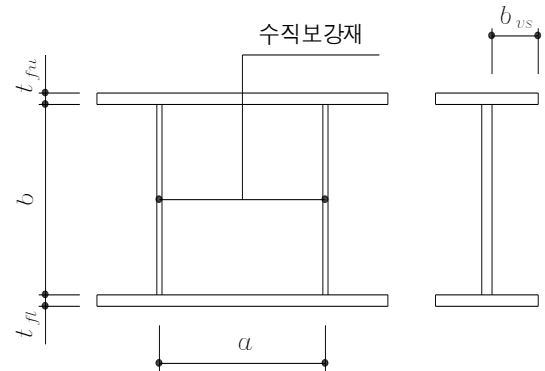
[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치]

---- 도.설 3.8.5.1 표3.8.5

$$71 \quad t_w = 1,420.0 \text{ mm} < h_w = 1,450.0 \text{ mm} \quad \text{수직보강재 필요}$$

⑦ 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수	:	$n = 0$
복부판의 연섬유 압축응력	:	$f = 90.138 \text{ MPa}$
복부판의 전단응력	:	$u = 22.308 \text{ MPa}$
사용 수직 보강재의 폭	:	$b_{vs} = 150.0 \text{ mm}$
사용 수직 보강재의 두께	:	$t_{vs} = 12.0 \text{ mm}$
사용 수직 보강재의 간격	:	$a = 2,500.0 \text{ mm}$
상·하 양 플랜지의 순간격	:	$b = 1,450.0 \text{ mm}$
복부판의 두께	:	$t = 20.0 \text{ mm}$



- 수직보강재 간격 검토

$$a / b = 2,500.0 / 1,450.0 = 1.724 \leq 3.000 \quad \text{O.K. !}$$

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$$\begin{aligned} a / b > 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{u/(81+61(b/a)^2)\}^2] &\leq 1 \\ a / b \leq 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{u/(61+81(b/a)^2)\}^2] &\leq 1 \\ a / b > 1.00 \quad \text{이므로} \quad \Rightarrow \quad 0.030 &\leq 1 \quad \text{O.K. !} \end{aligned}$$

- 수직 보강재의 강도검토

---- 도.설 3.8.5.2

· 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 1,450.0 \times 20.0^3 \times 2.691 / 10.92 = 2.859\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

· 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0[b/a]^2 = 8.0 \times (1,450.0 / 2,500.0)^2 = 2.691$$

· 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 12.0 \times 150.0^3 \times 2ea = 2.700\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 2.700\text{E}+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 2.859\text{E}+06 \text{ mm}^4 \quad \text{O.K. !}$$

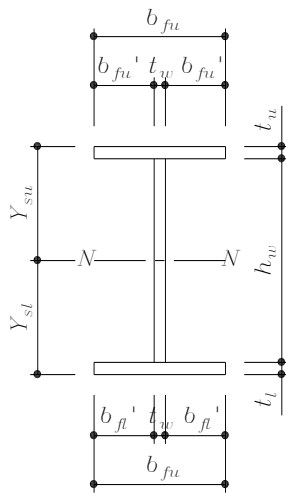
- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

---- 도.설 3.8.5.2

$$\begin{aligned} b_{vs(req)} &= 1,450.0 / 30 + 50\text{mm} = 98.333 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 150.000 \text{ mm} \quad \text{O.K. !} \\ t_{vs(req)} &= 150.0 / 13 = 11.538 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 12.000 \text{ mm} \quad \text{O.K. !} \end{aligned}$$

7.2 가로보의 설계

[1CR01]



단면제원

(단위:mm)

사용강재	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fL}	b_{fL}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fL}
SM400B	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	14.0	12.0	14.0

가로보간격(전) : $B_f = 0.0$ mm 가로보지간 : $L = 5,800.0$ mm

가로보간격(후) : $B_r = 4,431.6$ mm

부재 검토 (도.설.해 3.8.4.1)

(단위:mm)

복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
필요	사용	판정	필요	사용	판정	필요	사용	판정
$h_w / 150 = 9.3$	12	0.K	$b_{fu}' / 16 = 9.0$	14	0.K	$b_{fL}' / 16 = 9.0$	14	0.K

하중 관련

강재 (kN/m ³)	강재 할증	차륜하중(kN)			탱크하중		트레일러		
		P_r (kN/m)	P_f (kN/m)	L_1 (mm)	P_{tk} (kN/m)	L_2 (mm)	P_1 (kN/m)	P_2 (kN/m)	P_3 (kN/m)
78.50	1.3244	96.00	24.00	4,200.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000

도심 산정

구분	규격	A_s (mm ²)	Y (mm)	$A_s \cdot Y$ (mm ³)	$A_s \cdot Y^2$ (mm ⁴)	I_{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	707.0	2.969E+06	2.099E+09	6.860E+04
WEB	1 - 1,400.0 × 12.0	16,800.0	-	-	-	2.744E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 14.0	4,200.0	-707.0	-2.969E+06	2.099E+09	6.860E+04
합계		25,200.0	-	0.000E+00	4.199E+09	2.744E+09

$$I_x' = \sum A_s \cdot Y^2 + \sum I_{xo} = 4,198,731,600.0 + 2,744,137,200.0 = 6.943E+09 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s = 0.0 / 25,200.0 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 6,942,868,800.0 - 25,200.0 \times 0.0^2 = 6.943E+09 \text{ mm}^4$$

$$y_{su} = h_w / 2 + t_{fu} - \delta_y = 1,400.0 / 2 + 14.00 - 0.0 = 714.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = h_w / 2 + t_{fL} + \delta_y = 1,400.0 / 2 + 14.00 - 0.0 = 714.000 \text{ mm}$$

1) 관용해석

(1) 작용 하중 산정

① 고정하중

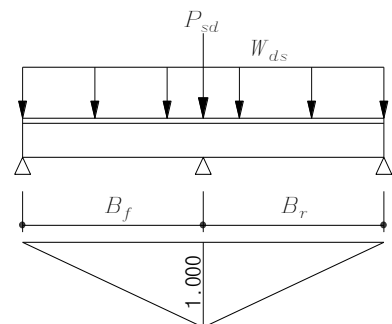
고정하중 : $W_d = 25.267$ kN/m [세로보 고정하중 참조]

영향선 면적 : $(0.000 + 4.432) \times 1.00 / 2 = 2.216 \text{ m}^2$

$\therefore P_{sd} = 25.267 \times 2.216 = 55.987 \text{ kN}$

강재 자중 : $0.025 \times 78.5 = 1.978 \text{ kN/m}$

강재 할증 : $W_{ds} = 1.978 \times 1.3244 = 2.620 \text{ kN/m}$



② 활 하 중

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시

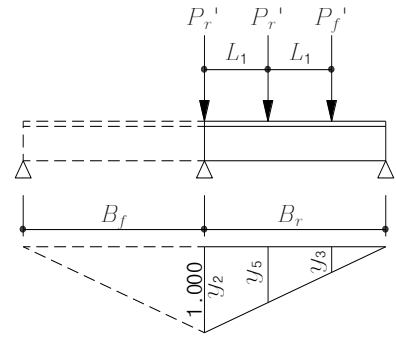
활하중 작용점과 세로보 중심간의 거리 및 영향선 종거

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 0.000 \\
 x_4 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_4 = 0.000 \\
 x_2 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_2 = 1.000 \\
 x_5 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_5 = 0.000 \\
 x_3 &= 231.6 \text{ mm} \Rightarrow y_3 = 0.052 \\
 \hline
 \Sigma y &= 1.052
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore P_{sl} &= 24.000 \times 0.052 + 96.000 \times (1.000 + 0.000) \\
 &= 97.254 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

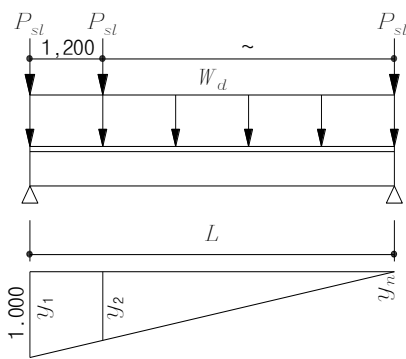
충격 계수

$$i = 15 / (40 + 4.432) = 0.338 > 0.300 \therefore i = 0.300$$



(2) 전단력 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 $n = 4$

▪ 가로보 지간장 : $A = 5.800 \times 1.000 / 2 = 2.900 \text{ m}^2$

▪ 고정하중에 의한 전단력

$$V_d = W_{ds}L/2 + P_{sd}/2 = 2.620 \times 2.900 + 27.994 = 35.592 \text{ kN}$$

▪ 가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리 및 종거

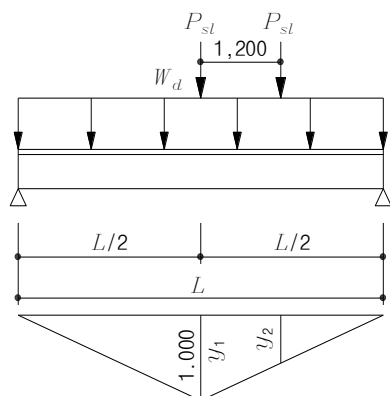
$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 1.000 \\
 x_2 &= 1,200.0 \text{ mm} \Rightarrow y_2 = 0.793 \\
 x_3 &= 3,000.0 \text{ mm} \Rightarrow y_3 = 0.483 \\
 x_4 &= 4,200.0 \text{ mm} \Rightarrow y_4 = 0.276 \\
 x_5 &= - \text{ mm} \Rightarrow y_5 = - \\
 \hline
 \Sigma y &= 2.552
 \end{aligned}$$

▪ 활하중에 의한 전단력(충격계수 포함)

$$\begin{aligned}
 V_{l+i} &= P_{sl} \times (1+i) \times \Sigma y = 97.254 \times (1 + 0.300) \times 2.552 = 322.618 \text{ kN} \\
 \therefore V_t &= V_d + V_{l+i} = 35.592 + 322.618 = 358.209 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(3) 모멘트 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 $n = 3$

▪ 영향선 면적 : $A = 5.800 \times 1.000 / 2 = 2.900 \text{ m}^2$

▪ 고정하중에 의한 모멘트

$$\begin{aligned}
 M_d &= W_{ds} \times A \times L/4 + P_{sd} \times L/4 \\
 &= 2.620 \times 2.900 \times L/4 + 55.987 \times L/4 = 92.199 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

▪ 가로보 중앙에서 윤하중까지의 거리 및 종거

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 1.000 \\
 x_2 &= 1,200.0 \text{ mm} \Rightarrow y_2 = 0.586 \\
 x_3 &= 1,800.0 \text{ mm} \Rightarrow y_3 = 0.379 \\
 \hline
 \Sigma y &= 1.966
 \end{aligned}$$

- 활하중에 의한 모멘트(충격계수 포함)

$$M_{l+i} = P_{sl} \times (1+i) \times \sum y \times L/4 = 97.254 \times (1+0.300) \times 1.966 \times 5.800/4 = 360.332 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\therefore M_t = M_d + M_{l+i} = 92.199 + 360.332 = 452.531 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2) 격자 해석

[3D Frame 해석결과]

구분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	합계
		강재자중	슬래브 자중				
모멘트	kN·m	-60.227	-108.874	-168.457	-598.316	-7.112	-942.986
전단력	kN	-36.453	-106.449	-35.071	-306.481	-2.480	-486.934

Frame 해석결과 : $V_{max} = 486.934 \text{ kN}$, $M_{max} = 942.986 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (OutPut 참조)- 부재번호 69

3) 결과 비교

관용해석에서 나온 부재력과 Frame 해석에서 나온 부재력 중 불리한 값을 설계에 적용함.

계산적용부재력 : $V_{max} = 486.934 \text{ kN}$, $M_{max} = 942.986 \text{ kN} \cdot \text{m}$

4) 단면 검토

- 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력 (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 상부 플랜지

$$b_{fu}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm} \leq t_{fu} = 14.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$b_{fu}' / 16.0 = 9.0 \text{ mm} \leq t_{fu} = 14.0 \text{ mm} \geq b_{fu}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① f_{ca} = 24,000 (t_{fu}/b_{fu}')^2 = 226.9 \text{ MPa}$$

- 하부 플랜지

$$b_{fl}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm} \leq t_{fl} = 14.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$b_{fl}' / 16.0 = 9.0 \text{ mm} \leq t_{fl} = 14.0 \text{ mm} \geq b_{fl}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① f_{ca} = 24,000 (t_{fl}/b_{fl}')^2 = 226.9 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력 (도.설 해 3.3.2.1 표3.3.4)

- 상부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	16,800.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.000 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,200.0 mm^2	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	5,800.0 mm	
b_{fu} : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	300.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.236	

$$9.3/K = 4.2 < L/b_{fu} = 5,800.0 / 300.0 = 19.3$$

$$\Rightarrow ② f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$9.3/K = 4.2 < L/b_{fu} = 5,800.0 / 300.0 = 19.3 \leq 30.0$$

$$\Rightarrow ② f_{ca} = 140.0 - 1.24 (K \cdot L/b_{fu} - 9.3) = 140.0 - 1.24 \times (2.236 \times 5,800.0/300.0 - 9.3) = 97.9 \text{ MPa}$$

- 하부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$ 16,800.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.000 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$ 4,200.0 mm^2	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$ 5,800.0 mm	
b_{fl} : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$ 300.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$ 2.236	

$$9.3/K = 4.2 < L / b_{fl} = 5,800.0 / 300.0 = 19.3$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$9.3/K = 4.2 < L / b_{fl} = 5,800.0 / 300.0 = 19.3 \leq 30.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 140.0 - 1.24 (K \cdot L / b_{fl} - 9.3) = 140.0 - 1.24 \times (2.236 \times 5,800.0 / 300.0 - 9.3) = 97.9 \text{ MPa}$$

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한다

$$f_{ca} = 97.9 \text{ MPa} , \quad f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지}) \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1})$$

$$u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5})$$

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한다

$$f_{ca} = 97.9 \text{ MPa} , \quad f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지}) \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1})$$

$$u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5})$$

■ 응력 검토

$$u = V_u / A_w = 486,934.5 / (1,400.0 \times 12.0)$$

$$u = 28.984 \text{ MPa} \leq u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_u = M_u \cdot y_{su} / I_{33} = 942,986,400.0 \times 714.0 / 6,942,868,800.0$$

$$f_u = 96.976 \text{ MPa} \leq f_{ca} = 97.9 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지 압축인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_u = 96.976 \text{ MPa} \leq f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지 인장인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_l = M_u \cdot y_{sl} / I_{33} = 942,986,400.0 \times 714.0 / 6,942,868,800.0$$

$$f_l = 96.976 \text{ MPa} \leq f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지 인장인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$f_l = 96.976 \text{ MPa} \leq f_{ca} = 97.9 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지 압축인 경우}) \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 합성응력 검토

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상부 플랜지 인장, 하부 플랜지 압축]

$$\left(\frac{96.976}{97.926} \right)^2 + \left(\frac{28.984}{80.000} \right)^2 = 0.981 + 0.131 = 1.112 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상부 플랜지 압축, 하부 플랜지 인장]

$$\left(\frac{96.976}{97.926} \right)^2 + \left(\frac{28.984}{80.000} \right)^2 = 0.981 + 0.131 = 1.112 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

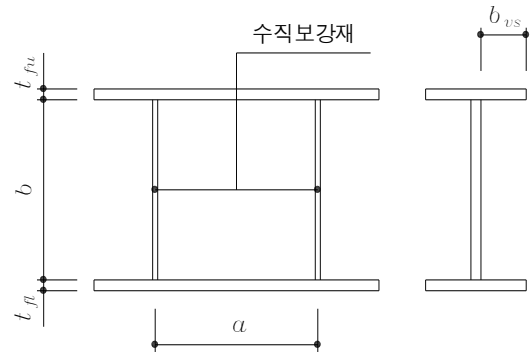
[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치]

(도.설 해 3.8.5.1 표3.8.5)

$$71 \quad t_w = 852.0 \text{ mm} < h_w = 1,400.0 \text{ mm} \quad \text{수직보강재 필요}$$

5) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수 : $n = 0$
 복부판의 연섬유 압축응력 : $f = 96.976$ MPa
 복부판의 전단응력 : $v = 28.984$ MPa
 사용 수직 보강재의 폭 : $b_{vs} = 120.0$ mm
 사용 수직 보강재의 두께 : $t_{vs} = 10.0$ mm
 사용 수직 보강재의 간격 : $a = 1,324.0$ mm
 상·하 양 플랜지의 순간격 : $b = 1,400.0$ mm
 복부판의 두께 : $t = 12.0$ mm



- 세로보로 복부판의 좌굴이 구속되므로 세로보를 포함한 수직보강재의 간격을 검토

- 수직보강재 간격 검토

$$a / b = 1,324.0 / 1,400.0 = 0.946 \leq 1.500 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$$a / b > 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{v/(81+61(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{v/(61+81(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 1.00 \quad \text{이므로} \Rightarrow 0.199 \leq 1 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수직 보강재의 강도검토

(도.설.해 3.8.5.2)

· 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 1,400.0 \times 12.0^3 \times 8.945 / 10.92 = 1.982E+06 \text{ mm}^4$$

· 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0 [b/a]^2 = 8.0 \times (1,400.0 / 1,324.0)^2 = 8.945$$

· 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 10.0 \times 120.0^3 \times 2ea = 1.152E+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 1.152E+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 1.982E+06 \text{ mm}^4 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

(도.설.해 3.8.5.2)

$$b_{vs(req)} = 1,400.0 / 30 + 50 \text{ mm} = 96.667 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 120.000 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{vs(req)} = 120.0 / 13 = 9.231 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 10.000 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 공통 입력 사항

사용강재	단 위 중 량 (kN/m ³)			강재 활용	차륜하중 (kN)		차륜하중제원 (mm)	
	콘크리트	포장	강재		P_r	P_f	L_1	B_1
SM400B	25.00	23.50	78.50	1.32442	96.00	24.00	4,200	1,800

단면 제원

(단위: mm)

구 분	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}	I_{33}	y_{su}	y_{sl}
1CR01	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	14.0	12.0	14.0	6.943E+09	714.0	714.0
1CR02	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR03	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR04	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR05	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR06	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR07	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR08	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR09	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	12.0	12.0	12.0	6.333E+09	712.0	712.0
1CR10	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR11	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	14.0	12.0	14.0	1.274E+10	914.0	914.0
1CR12	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR13	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	12.0	12.0	12.0	6.333E+09	712.0	712.0
1CR14	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR15	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR16	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR17	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR18	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR19	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR20	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR21	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR22	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR23	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	12.0	12.0	12.0	6.333E+09	712.0	712.0
1CR24	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR25	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	14.0	12.0	14.0	1.274E+10	914.0	914.0
1CR26	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR27	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	12.0	12.0	12.0	6.333E+09	712.0	712.0
1CR28	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR29	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR30	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR31	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR32	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR33	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR34	300.0	144.0	300.0	144.0	1,300.0	12.0	12.0	12.0	5.296E+09	662.0	662.0
1CR35	300.0	144.0	300.0	144.0	1,400.0	14.0	12.0	14.0	6.943E+09	714.0	714.0

▪ 기타 제원

(단위: mm)

구 분	바닥판두께 t_s	포장두께 t_p	가로보 간격		가로보지간 L	비 고
			B_f	B_r		
1CR01	280.0	50.0	0.0	4,431.6	5,800.0	
1CR02	280.0	50.0	4,431.6	5,000.0	5,800.0	
1CR03	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR04	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR05	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR06	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR07	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR08	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR09	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR10	280.0	50.0	5,000.0	5,000.8	5,800.0	
1CR11	280.0	50.0	5,000.8	4,999.2	5,800.0	
1CR12	280.0	50.0	4,999.2	5,000.0	5,800.0	
1CR13	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR14	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR15	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR16	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR17	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR18	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR19	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR20	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR21	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR22	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR23	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR24	280.0	50.0	5,000.0	5,000.8	5,800.0	
1CR25	280.0	50.0	5,000.8	4,999.2	5,800.0	
1CR26	280.0	50.0	4,999.2	5,000.0	5,800.0	
1CR27	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR28	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR29	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR30	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR31	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR32	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR33	280.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,800.0	
1CR34	280.0	50.0	5,000.0	4,433.2	5,800.0	
1CR35	280.0	50.0	4,433.2	0.0	5,800.0	

▪ 부재 검토

(단위:mm)

구 분	복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
1CR01	$h_w/150 = 9.3$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	14.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	14.0	0.K
1CR02	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR03	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR04	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR05	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR06	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR07	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR08	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR09	$h_w/150 = 9.3$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR10	$h_w/150 = 10.0$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR11	$h_w/150 = 12.0$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	14.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	14.0	0.K
1CR12	$h_w/150 = 10.0$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR13	$h_w/150 = 9.3$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR14	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR15	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR16	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR17	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR18	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR19	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR20	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR21	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR22	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR23	$h_w/150 = 9.3$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR24	$h_w/150 = 10.0$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR25	$h_w/150 = 12.0$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	14.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	14.0	0.K
1CR26	$h_w/150 = 10.0$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR27	$h_w/150 = 9.3$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR28	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR29	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR30	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR31	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR32	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR33	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR34	$h_w/150 = 8.7$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	12.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	12.0	0.K
1CR35	$h_w/150 = 9.3$	12.0	0.K	$b_{fu}'/16 = 9.0$	14.0	0.K	$b_{fl}'/16 = 9.0$	14.0	0.K

1) 관 용 해 석

▪ 작용 하중 산정

구 분	활하중 작용점과 세로보 중심간 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_4	x_2	x_5	x_3	y_1	y_4	y_2	y_5	y_3	
1CR01	0.0	0.0	0.0	0.0	231.6	0.000	0.000	1.000	0.000	0.052	
1CR02	231.6	0.0	0.0	0.0	800.0	0.052	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR03	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR04	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR05	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR06	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR07	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR08	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR09	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR10	800.0	0.0	0.0	0.0	800.8	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR11	800.8	0.0	0.0	0.0	799.2	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR12	799.2	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR13	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR14	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR15	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR16	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR17	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR18	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR19	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR20	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR21	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR22	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR23	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR24	800.0	0.0	0.0	0.0	800.8	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR25	800.8	0.0	0.0	0.0	799.2	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR26	799.2	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR27	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR28	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR29	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR30	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR31	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR32	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR33	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR34	800.0	0.0	0.0	0.0	233.2	0.160	0.000	1.000	0.000	0.053	
1CR35	233.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.053	0.000	1.000	0.000	0.000	

구 분	고 정 하 중 (kN/m)					활 하 중 (kN)			
	W_d	영향선면적	P_{sd}	강재자중	W_{ds}	P_f'	P_r'	충격계수	P_{sl}
1CR01	25.267	2.216	55.987	1.978	2.620	24.000	96.000	0.300	97.254
1CR02	25.267	4.716	119.155	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	112.614
1CR03	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR04	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR05	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR06	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR07	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR08	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR09	26.204	5.000	131.020	1.884	2.495	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR10	26.205	5.000	131.036	1.978	2.620	24.000	96.000	0.300	115.212
1CR11	26.206	5.000	131.032	2.355	3.119	24.000	96.000	0.300	115.191
1CR12	26.208	5.000	131.028	1.978	2.620	24.000	96.000	0.300	115.197
1CR13	25.267	5.000	126.335	1.884	2.495	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR14	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR15	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR16	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR17	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR18	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR19	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR20	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR21	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR22	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR23	26.204	5.000	131.020	1.884	2.495	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR24	26.205	5.000	131.036	1.978	2.620	24.000	96.000	0.300	115.212
1CR25	26.206	5.000	131.032	2.355	3.119	24.000	96.000	0.300	115.191
1CR26	26.208	5.000	131.028	1.978	2.620	24.000	96.000	0.300	115.197
1CR27	25.267	5.000	126.335	1.884	2.495	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR28	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR29	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR30	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR31	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR32	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR33	25.267	5.000	126.335	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR34	25.267	4.717	119.174	1.790	2.370	24.000	96.000	0.300	104.889
1CR35	25.267	2.217	56.007	1.978	2.620	24.000	96.000	0.300	97.262

■ 관용해석에 의한 전단력 산정

(단위:kN)

구 분	가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
1CR01	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR02	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR03	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR04	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR05	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR06	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR07	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR08	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR09	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR10	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR11	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR12	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR13	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR14	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR15	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR16	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR17	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR18	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR19	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR20	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR21	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR22	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR23	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR24	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR25	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR26	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR27	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR28	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR29	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR30	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR31	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR32	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR33	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR34	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	
1CR35	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.793	0.483	0.276	-	

구 분	윤하중 하중수 n	영향선면적 A	종거합 Σy	고정하중 V_d	활하중 V_{l+i}	V_t	비 고
1CR01	4.0	2.900	2.552	35.592	322.618	358.209	
1CR02	4.0	2.900	2.552	66.452	373.569	440.021	
1CR03	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR04	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR05	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR06	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR07	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR08	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR09	4.0	2.900	2.552	72.746	382.146	454.892	
1CR10	4.0	2.900	2.552	73.116	382.187	455.303	
1CR11	4.0	2.900	2.552	74.561	382.115	456.677	
1CR12	4.0	2.900	2.552	73.112	382.136	455.248	
1CR13	4.0	2.900	2.552	70.404	382.146	452.550	
1CR14	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR15	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR16	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR17	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR18	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR19	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR20	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR21	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR22	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR23	4.0	2.900	2.552	72.746	382.146	454.892	
1CR24	4.0	2.900	2.552	73.116	382.187	455.303	
1CR25	4.0	2.900	2.552	74.561	382.115	456.677	
1CR26	4.0	2.900	2.552	73.112	382.136	455.248	
1CR27	4.0	2.900	2.552	70.404	382.146	452.550	
1CR28	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR29	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR30	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR31	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR32	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR33	4.0	2.900	2.552	70.042	382.146	452.188	
1CR34	4.0	2.900	2.552	66.461	347.943	414.405	
1CR35	4.0	2.900	2.552	35.601	322.644	358.245	

■ 관용해석에 의한 모멘트 산정

(단위: kN·m)

구 분	가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
1CR01	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR02	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR03	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR04	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR05	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR06	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR07	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR08	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR09	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR10	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR11	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR12	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR13	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR14	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR15	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR16	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR17	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR18	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR19	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR20	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR21	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR22	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR23	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR24	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR25	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR26	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR27	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR28	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR29	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR30	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR31	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR32	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR33	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR34	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	
1CR35	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.586	0.379	-	-	

구 분	n	영향선면적 A	증거합 Σy	고정하중 M_d	활하중 M_{l+i}	M_t	비 고
1CR01	3.0	2.900	1.966	92.199	360.332	452.531	
1CR02	3.0	2.900	1.966	182.742	417.237	599.978	
1CR03	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR04	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR05	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR06	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR07	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR08	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR09	3.0	2.900	1.966	200.471	426.816	627.287	
1CR10	3.0	2.900	1.966	201.019	426.862	627.881	
1CR11	3.0	2.900	1.966	203.112	426.781	629.894	
1CR12	3.0	2.900	1.966	201.008	426.805	627.813	
1CR13	3.0	2.900	1.966	193.678	426.816	620.494	
1CR14	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR15	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR16	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR17	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR18	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR19	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR20	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR21	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR22	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR23	3.0	2.900	1.966	200.471	426.816	627.287	
1CR24	3.0	2.900	1.966	201.019	426.862	627.881	
1CR25	3.0	2.900	1.966	203.112	426.781	629.894	
1CR26	3.0	2.900	1.966	201.008	426.805	627.813	
1CR27	3.0	2.900	1.966	193.678	426.816	620.494	
1CR28	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR29	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR30	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR31	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR32	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR33	3.0	2.900	1.966	193.154	426.816	619.970	
1CR34	3.0	2.900	1.966	182.770	388.615	571.385	
1CR35	3.0	2.900	1.966	92.227	360.362	452.589	

2) 격자해석

■ 격자해석에 의한 전단력 해석결과

(단위:kN)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	V_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN	-36.453	-106.449	-35.071	-306.481	-2.480	486.934	69
1CR02	kN	-16.614	-74.659	-22.734	-190.463	-0.833	305.303	71
1CR03	kN	-9.810	-48.546	-14.893	-194.393	-0.204	267.846	73
1CR04	kN	-7.627	-43.380	-12.524	-208.023	-0.169	271.723	75
1CR05	kN	-7.507	-42.680	-12.205	-210.103	-0.467	272.962	77
1CR06	kN	-7.877	-43.796	-12.498	-206.591	-0.991	271.753	79
1CR07	kN	-8.552	-45.452	-12.813	-199.813	-1.861	268.491	81
1CR08	kN	-8.173	-45.237	-11.960	-188.366	-2.895	256.630	83
1CR09	kN	73.301	155.374	35.440	142.386	6.517	413.018	85
1CR10	kN	26.083	73.093	-16.095	160.817	4.339	248.236	87
1CR11	kN	-14.989	50.299	-152.659	-119.131	-6.307	242.788	89
1CR12	kN	36.936	93.891	-10.379	170.187	4.903	295.537	91
1CR13	kN	72.837	154.943	35.836	137.506	6.396	407.518	93
1CR14	kN	-7.814	-44.636	-11.903	-186.056	-2.955	253.363	95
1CR15	kN	-8.694	-45.781	-13.415	-198.936	-1.749	268.575	97
1CR16	kN	-8.444	-45.470	-13.811	-205.151	-1.009	273.885	99
1CR17	kN	-9.066	-47.321	-14.430	-208.429	-0.520	279.766	101
1CR18	kN	-8.523	-46.080	-14.018	-208.646	-0.106	277.373	103
1CR19	kN	-9.083	-47.367	-14.448	-208.493	-0.521	279.911	105
1CR20	kN	-8.460	-45.512	-13.823	-205.182	-1.009	273.987	107
1CR21	kN	-8.719	-45.843	-13.431	-199.021	-1.749	268.764	109
1CR22	kN	-7.831	-44.685	-11.912	-186.164	-2.954	253.546	111
1CR23	kN	72.635	154.504	35.758	137.526	6.346	406.769	113
1CR24	kN	34.760	89.345	-11.433	166.815	4.321	283.808	115
1CR25	kN	-14.972	50.344	-152.640	-119.115	-6.292	242.675	117
1CR26	kN	28.170	77.414	-15.083	162.427	3.774	256.702	119
1CR27	kN	73.483	155.785	35.504	142.802	6.556	414.131	121
1CR28	kN	-8.161	-45.187	-11.953	-188.479	-2.898	256.678	123
1CR29	kN	-8.542	-45.435	-12.805	-199.904	-1.863	268.550	125
1CR30	kN	-7.883	-43.811	-12.497	-206.634	-0.994	271.819	127
1CR31	kN	-7.514	-42.695	-12.204	-210.127	-0.470	273.010	129
1CR32	kN	-7.635	-43.398	-12.527	-208.042	-0.172	271.774	131
1CR33	kN	-9.823	-48.582	-14.898	-194.455	-0.200	267.958	133
1CR34	kN	-16.633	-74.728	-22.737	-190.543	-0.826	305.466	135
1CR35	kN	-36.495	-106.574	-35.084	-306.963	-2.464	487.579	137

■ 격자해석에 의한 모멘트 해석결과

(단위:kN·m)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	M_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN·m	-60.227	-108.874	-168.457	-598.316	-7.112	942.986	69
1CR02	kN·m	27.186	199.532	-40.756	371.545	0.049	557.556	71
1CR03	kN·m	25.957	187.772	-44.931	346.587	0.069	515.454	73
1CR04	kN·m	24.076	184.440	-46.220	331.413	0.156	493.865	75
1CR05	kN·m	21.612	175.486	-45.853	320.359	0.300	471.904	77
1CR06	kN·m	17.951	161.594	-43.816	310.553	0.518	446.801	79
1CR07	kN·m	13.473	142.308	-39.487	300.034	0.888	417.217	81
1CR08	kN·m	-6.783	-16.230	-67.935	-283.949	-7.047	381.942	83
1CR09	kN·m	91.138	241.649	2.413	336.328	11.797	683.325	85
1CR10	kN·m	25.038	116.390	-57.930	396.913	10.917	491.327	87
1CR11	kN·m	-14.487	101.352	-247.641	598.182	14.552	451.958	89
1CR12	kN·m	42.308	149.491	-47.853	403.924	11.360	559.229	91
1CR13	kN·m	91.507	242.547	4.032	327.342	11.597	677.024	93
1CR14	kN·m	-7.263	-18.614	-68.348	-283.234	-7.216	384.675	95
1CR15	kN·m	10.428	133.875	-40.817	292.448	0.751	396.684	97
1CR16	kN·m	13.581	149.291	-45.602	299.664	0.474	417.408	99
1CR17	kN·m	17.031	161.988	-47.044	304.937	0.262	437.175	101
1CR18	kN·m	17.308	163.967	-48.071	305.287	0.009	438.500	103
1CR19	kN·m	17.083	162.111	-47.013	305.077	0.259	437.516	105
1CR20	kN·m	13.678	149.511	-45.550	299.853	0.474	417.967	107
1CR21	kN·m	10.575	134.199	-40.740	292.725	0.755	397.515	109
1CR22	kN·m	-7.148	-18.413	-68.296	-283.478	-7.205	384.539	111
1CR23	kN·m	91.415	242.275	4.014	327.758	11.722	677.184	113
1CR24	kN·m	39.495	143.566	-49.223	401.216	11.085	546.139	115
1CR25	kN·m	-14.563	101.176	-247.729	598.153	14.550	451.588	117
1CR26	kN·m	27.748	122.067	-56.635	399.397	10.126	502.702	119
1CR27	kN·m	91.196	241.856	2.406	337.021	11.800	684.279	121
1CR28	kN·m	-6.900	-16.423	-67.992	-284.003	-7.059	382.377	123
1CR29	kN·m	13.347	142.036	-39.562	300.261	0.886	416.966	125
1CR30	kN·m	17.868	161.415	-43.870	310.700	0.518	446.631	127
1CR31	kN·m	21.562	175.382	-45.891	320.449	0.302	471.803	129
1CR32	kN·m	24.055	184.402	-46.239	331.472	0.160	493.850	131
1CR33	kN·m	25.965	187.816	-44.946	346.631	0.074	515.541	133
1CR34	kN·m	27.208	199.635	-40.758	371.562	0.061	557.708	135
1CR35	kN·m	-60.340	-109.171	-168.537	-599.189	-7.044	944.281	137

3) 단 면 겹 토

- 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력

[illegible]

▪ 허용 휨 압축응력

구 분	상 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	16,800.0	4,200.0	4.000	2.236	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.926 MPa	
1CR02	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR03	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR04	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR05	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR06	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR07	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR08	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR09	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR10	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR11	21,600.0	4,200.0	5.143	2.360	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.946 MPa	
1CR12	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR13	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR14	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR15	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR16	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR17	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR18	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR19	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR20	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR21	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR22	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR23	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR24	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR25	21,600.0	4,200.0	5.143	2.360	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.946 MPa	
1CR26	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR27	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR28	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR29	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR30	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR31	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR32	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR33	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR34	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR35	16,800.0	4,200.0	4.000	2.236	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.926 MPa	

구 분	하 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	16,800.0	4,200.0	4.000	2.236	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.926 MPa	
1CR02	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR03	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR04	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR05	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR06	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR07	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR08	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR09	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR10	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR11	21,600.0	4,200.0	5.143	2.360	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 94.946 MPa	
1CR12	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR13	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR14	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR15	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR16	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR17	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR18	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR19	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR20	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR21	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR22	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR23	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR24	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR25	21,600.0	4,200.0	5.143	2.360	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 94.946 MPa	
1CR26	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 95.310 MPa	
1CR27	16,800.0	3,600.0	4.667	2.309	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 96.168 MPa	
1CR28	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR29	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR30	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR31	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR32	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR33	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR34	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.040 MPa	
1CR35	16,800.0	4,200.0	4.000	2.236	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 97.926 MPa	

▪ 계산 적용 부재력 및 허용응력

구 분	V_{umax} (kN)	M_{umax} (kN·m)	상부 플랜지 (MPa)			하부 플랜지 (MPa)			비 고
			f_{ca}	f_{ta}	σ_a	f_{ca}	f_{ta}	σ_a	
1CR01	486.93	942.99	97.93	140.00	80.00	97.93	140.00	80.00	
1CR02	440.02	599.98	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR03	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR04	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR05	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR06	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR07	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR08	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR09	454.89	683.33	96.17	140.00	80.00	96.17	140.00	80.00	
1CR10	455.30	627.88	95.31	140.00	80.00	95.31	140.00	80.00	
1CR11	456.68	629.89	94.95	140.00	80.00	94.95	140.00	80.00	
1CR12	455.25	627.81	95.31	140.00	80.00	95.31	140.00	80.00	
1CR13	452.55	677.02	96.17	140.00	80.00	96.17	140.00	80.00	
1CR14	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR15	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR16	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR17	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR18	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR19	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR20	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR21	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR22	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR23	454.89	677.18	96.17	140.00	80.00	96.17	140.00	80.00	
1CR24	455.30	627.88	95.31	140.00	80.00	95.31	140.00	80.00	
1CR25	456.68	629.89	94.95	140.00	80.00	94.95	140.00	80.00	
1CR26	455.25	627.81	95.31	140.00	80.00	95.31	140.00	80.00	
1CR27	452.55	684.28	96.17	140.00	80.00	96.17	140.00	80.00	
1CR28	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR29	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR30	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR31	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR32	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR33	452.19	619.97	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR34	414.40	571.39	97.04	140.00	80.00	97.04	140.00	80.00	
1CR35	487.58	944.28	97.93	140.00	80.00	97.93	140.00	80.00	

■ 응 력 검 토

구 분	전단응력 (MPa)			상부 플랜지 (MPa)				하부 플랜지 (MPa)			
	u	u_a	판정	f_u	f_{ca}	f_{ta}	판정	f_l	f_{ca}	f_{ta}	판정
1CR01	28.98	80.00	0.K	96.98	97.93	140.00	0.K	96.98	97.93	140.00	0.K
1CR02	28.21	80.00	0.K	75.00	97.04	140.00	0.K	75.00	97.04	140.00	0.K
1CR03	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR04	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR05	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR06	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR07	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR08	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR09	27.08	80.00	0.K	76.83	96.17	140.00	0.K	76.83	96.17	140.00	0.K
1CR10	25.29	80.00	0.K	63.88	95.31	140.00	0.K	63.88	95.31	140.00	0.K
1CR11	21.14	80.00	0.K	45.18	94.95	140.00	0.K	45.18	94.95	140.00	0.K
1CR12	25.29	80.00	0.K	63.87	95.31	140.00	0.K	63.87	95.31	140.00	0.K
1CR13	26.94	80.00	0.K	76.12	96.17	140.00	0.K	76.12	96.17	140.00	0.K
1CR14	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR15	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR16	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR17	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR18	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR19	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR20	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR21	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR22	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR23	27.08	80.00	0.K	76.14	96.17	140.00	0.K	76.14	96.17	140.00	0.K
1CR24	25.29	80.00	0.K	63.88	95.31	140.00	0.K	63.88	95.31	140.00	0.K
1CR25	21.14	80.00	0.K	45.18	94.95	140.00	0.K	45.18	94.95	140.00	0.K
1CR26	25.29	80.00	0.K	63.87	95.31	140.00	0.K	63.87	95.31	140.00	0.K
1CR27	26.94	80.00	0.K	76.93	96.17	140.00	0.K	76.93	96.17	140.00	0.K
1CR28	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR29	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR30	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR31	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR32	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR33	28.99	80.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K	77.50	97.04	140.00	0.K
1CR34	26.56	80.00	0.K	71.43	97.04	140.00	0.K	71.43	97.04	140.00	0.K
1CR35	29.02	80.00	0.K	97.11	97.93	140.00	0.K	97.11	97.93	140.00	0.K

▪ 합성 응력 검토

구 분	상부 플랜지 인장 하부 플랜지 압축인 경우					상부 플랜지 압축 하부 플랜지 인장인 경우				
	인장	전단	합성응력	허용	판별	인장	전단	합성응력	허용	판별
1CR01	0.981	0.131	1.112	1.2	0.K	0.981	0.131	1.112	1.2	0.K
1CR02	0.597	0.124	0.722	1.2	0.K	0.597	0.124	0.722	1.2	0.K
1CR03	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR04	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR05	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR06	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR07	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR08	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR09	0.638	0.115	0.753	1.2	0.K	0.638	0.115	0.753	1.2	0.K
1CR10	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K
1CR11	0.226	0.070	0.296	1.2	0.K	0.226	0.070	0.296	1.2	0.K
1CR12	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K
1CR13	0.626	0.113	0.740	1.2	0.K	0.626	0.113	0.740	1.2	0.K
1CR14	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR15	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR16	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR17	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR18	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR19	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR20	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR21	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR22	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR23	0.627	0.115	0.741	1.2	0.K	0.627	0.115	0.741	1.2	0.K
1CR24	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K
1CR25	0.226	0.070	0.296	1.2	0.K	0.226	0.070	0.296	1.2	0.K
1CR26	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K	0.449	0.100	0.549	1.2	0.K
1CR27	0.640	0.113	0.753	1.2	0.K	0.640	0.113	0.753	1.2	0.K
1CR28	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR29	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR30	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR31	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR32	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR33	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K	0.638	0.131	0.769	1.2	0.K
1CR34	0.542	0.110	0.652	1.2	0.K	0.542	0.110	0.652	1.2	0.K
1CR35	0.983	0.132	1.115	1.2	0.K	0.983	0.132	1.115	1.2	0.K

4) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

▪ 수직 보강재 설치 검토 및 단면 제원

구 분	설치 검토 (mm)			n	f (MPa)	σ (MPa)	b_{vs} (mm)	t_{vs} (mm)	a (mm)	b (mm)	t (mm)
	순간격	허용값	판 정								
1CR01	1,400.0	852.0	필 요	0	96.976	28.984	120.0	10.0	1,324.0	1,400.0	12.0
1CR02	1,300.0	852.0	필 요	0	75.004	28.206	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR03	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR04	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR05	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR06	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR07	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR08	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR09	1,400.0	852.0	필 요	0	76.826	27.077	120.0	10.0	1,324.0	1,400.0	12.0
1CR10	1,500.0	852.0	필 요	0	63.877	25.295	120.0	10.0	1,324.0	1,500.0	12.0
1CR11	1,800.0	852.0	필 요	0	45.182	21.142	120.0	10.0	1,324.0	1,800.0	12.0
1CR12	1,500.0	852.0	필 요	0	63.870	25.292	120.0	10.0	1,324.0	1,500.0	12.0
1CR13	1,400.0	852.0	필 요	0	76.118	26.937	120.0	10.0	1,324.0	1,400.0	12.0
1CR14	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR15	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR16	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR17	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR18	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR19	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR20	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR21	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR22	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR23	1,400.0	852.0	필 요	0	76.136	27.077	120.0	10.0	1,324.0	1,400.0	12.0
1CR24	1,500.0	852.0	필 요	0	63.877	25.295	120.0	10.0	1,324.0	1,500.0	12.0
1CR25	1,800.0	852.0	필 요	0	45.182	21.142	120.0	10.0	1,324.0	1,800.0	12.0
1CR26	1,500.0	852.0	필 요	0	63.870	25.292	120.0	10.0	1,324.0	1,500.0	12.0
1CR27	1,400.0	852.0	필 요	0	76.934	26.937	120.0	10.0	1,324.0	1,400.0	12.0
1CR28	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR29	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR30	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR31	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR32	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR33	1,300.0	852.0	필 요	0	77.503	28.986	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR34	1,300.0	852.0	필 요	0	71.430	26.564	120.0	10.0	1,324.0	1,300.0	12.0
1CR35	1,400.0	852.0	필 요	0	97.109	29.023	120.0	10.0	1,324.0	1,400.0	12.0

▪ 수직보강재 간격 검토

구 분	간격 검토						수직보강재 강도검토 (mm^4)			비 고
	a/b	허용값	판정	$n = 0$	허용값	판정	$I_{(req)}$	$I_{(use)}$	판정	
1CR01	0.946	1.500	0.K	0.199	1.000	0.K	1.982E+06	1.152E+07	0.K	
1CR02	1.018	3.000	0.K	0.137	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR03	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR04	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR05	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR06	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR07	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR08	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR09	0.946	3.000	0.K	0.155	1.000	0.K	1.982E+06	1.152E+07	0.K	
1CR10	0.883	3.000	0.K	0.161	1.000	0.K	2.437E+06	1.152E+07	0.K	
1CR11	0.736	1.500	0.K	0.159	1.000	0.K	4.212E+06	1.152E+07	0.K	
1CR12	0.883	3.000	0.K	0.161	1.000	0.K	2.437E+06	1.152E+07	0.K	
1CR13	0.946	3.000	0.K	0.153	1.000	0.K	1.982E+06	1.152E+07	0.K	
1CR14	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR15	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR16	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR17	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR18	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR19	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR20	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR21	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR22	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR23	0.946	3.000	0.K	0.155	1.000	0.K	1.982E+06	1.152E+07	0.K	
1CR24	0.883	3.000	0.K	0.161	1.000	0.K	2.437E+06	1.152E+07	0.K	
1CR25	0.736	1.500	0.K	0.159	1.000	0.K	4.212E+06	1.152E+07	0.K	
1CR26	0.883	3.000	0.K	0.161	1.000	0.K	2.437E+06	1.152E+07	0.K	
1CR27	0.946	3.000	0.K	0.153	1.000	0.K	1.982E+06	1.152E+07	0.K	
1CR28	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR29	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR30	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR31	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR32	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR33	1.018	3.000	0.K	0.146	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR34	1.018	3.000	0.K	0.123	1.000	0.K	1.587E+06	1.152E+07	0.K	
1CR35	0.946	1.500	0.K	0.199	1.000	0.K	1.982E+06	1.152E+07	0.K	

▪ 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

(단위:mm)

구 분	최소 폭 검토			최소 폭 검토			비 고
	$b_{vs(req)}$	$b_{vs(use)}$	판정	$t_{vs(req)}$	$t_{vs(use)}$	판정	
1CR01	96.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR02	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR03	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR04	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR05	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR06	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR07	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR08	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR09	96.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR10	100.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR11	110.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR12	100.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR13	96.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR14	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR15	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR16	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR17	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR18	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR19	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR20	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR21	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR22	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR23	96.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR24	100.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR25	110.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR26	100.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR27	96.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR28	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR29	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR30	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR31	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR32	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR33	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR34	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR35	96.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	

7.3 세로보의 연결

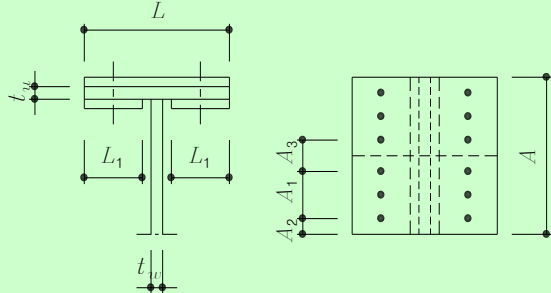
[1STR01]

(강종 : SM400B)

(세로보 계산 참조)

모멘트 $M(kN)$	전단력 $V(kN)$	상부FL.응력 $f_u(MPa)$		하부FL.응력 $f_l(MPa)$		허용휨인장응력 $f_{sa}(MPa)$	단면2차모멘트 $I(mm^4)$
		인장	압축	압축	인장		
333.79	314.10	83.011	83.011	83.011	83.011	140.00	1.850E+09

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) $\rho_{sa} = 48,000 \times 2 \text{면} = 96,000 \text{ N}$ (도.설.해3.3.2.3)



$t_u = 10.0 \text{ mm}$
 $t_w = 10.0 \text{ mm}$
 $L = 300.0 \text{ mm}$
 $L_1 = 124.0 \text{ mm}$
 $A = 505.0 \text{ mm}$
 $A_1 = 2 @ 85 \text{ mm}$
 $= 170.0 \text{ mm}$
 $A_2 = 40.0 \text{ mm}$
 $A_3 = 85.0 \text{ mm}$

1) 상부 플랜지 이음 (압축부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 83.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_u) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,000.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.3ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,000.0 = 3,000.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$\begin{aligned} A_{use} &= 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0 \\ &\quad 2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0 \\ \hline \Sigma &= 5,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 3,000.0 \times 105.0 / 5,480.0 = 57.5 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,000.0 \times 105.0 / 6.0 = 52,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 10.0 \times (460.0 - 5.0) = 1.365E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 1.850E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 314.105 \times 1,365,000.0 / 1,849,700,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 11,589.8 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{2.756E+09 + 1.343E+08} = 53,764.1 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

2) 상부 플랜지 이음 (인장부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 83.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_u) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,000.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.3ea \Rightarrow n_t = \mathbf{6.0ea} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,000.0 = 3,000.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$A_{use} = 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0$$

$$2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$\Sigma = 5,480.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

$$A_n = 5,480.0 - 25.0 \times 10.0 \times 2.0 \times 2.0ea = 4,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 3,000.0 \times 105.0 / 4,480.0 = 70.3 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,000.0 \times 105.0 / 6.0 = 52,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 10.0 \times (460.0 - 5.0) = 1.365E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 1.850E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = \mathbf{3.0ea} \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 314.105^3 \times 1,365,000.0 / 1,849,700,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 11,589.8 \text{ N/ea}$$

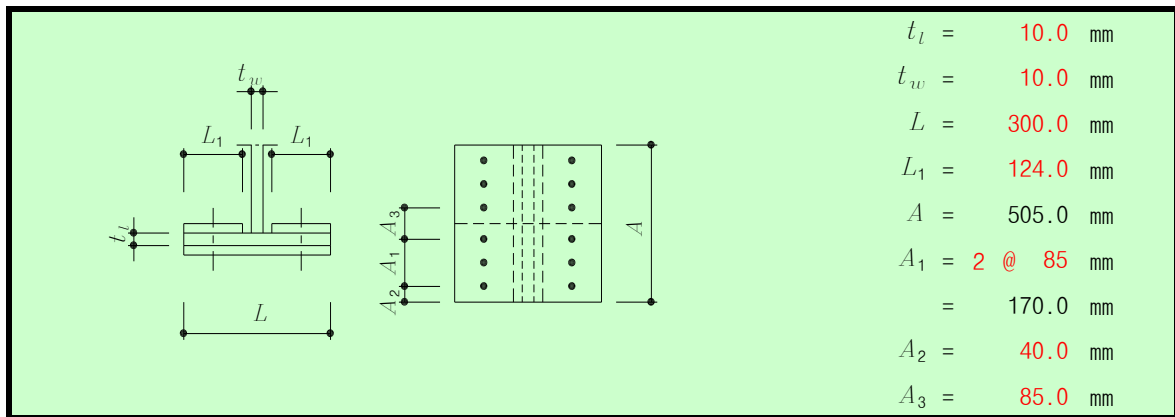
- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{2.756E+09 + 1.343E+08} = 53,764.1 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

④ 모재의 응력검토

$$A_{sn} = 10.0 \times (300.0 - 25.0 \times 2.0) = 2,500.0 \text{ mm}^2$$

$$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn} = 3,000.0 \times 105.0 / 2,500.0 = 126.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$



3) 하부 플랜지 이음 (압축부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 83.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_i) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,000.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.3ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,000.0 = 3,000.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$\begin{aligned} A_{use} &= 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0 \\ &2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0 \\ \hline \Sigma &= 5,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 3,000.0 \times 105.0 / 5,480.0 = 57.5 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,000.0 \times 105.0 / 6.0 = 52,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 힘에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 10.0 \times (460.0 - 5.0) = 1.365E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 1.850E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 314.105^3 \times 1,365,000.0 / 1,849,700,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 11,589.8 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{2.756E+09 + 1.343E+08} = 53,764.1 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

4) 하부 플랜지 이음 (인장부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 83.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_t) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,000.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.3ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,000.0 = 3,000.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$A_{use} = 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0$$

$$2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$\Sigma = 5,480.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

$$A_n = 5,480.0 - 25.0 \times 10.0 \times 2.0 \text{열} \times 2.0ea = 4,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 3,000.0 \times 105.0 / 4,480.0 = 70.3 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,000.0 \times 105.0 / 6.0 = 52,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 힘에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 10.0 \times (460.0 - 5.0) = 1.365E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 1.850E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 314.105^3 \times 1,365,000.0 / 1,849,700,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 11,589.8 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{2.756E+09 + 1.343E+08} = 53,764.1 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

④ 모재의 응력검토

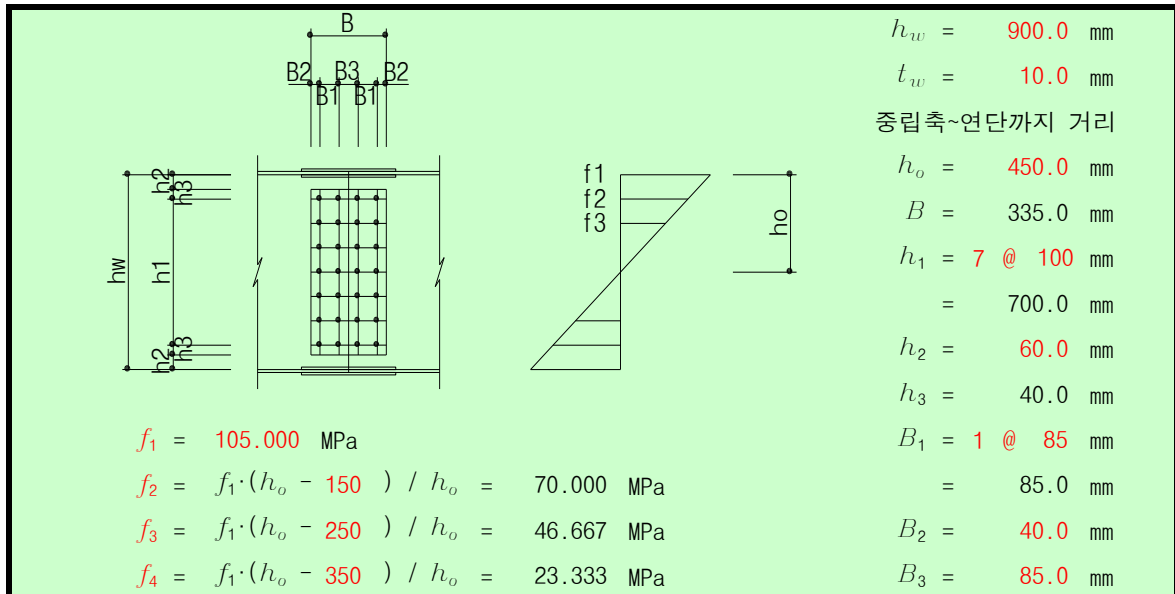
$$A_{sn} = 10.0 \times (300.0 - 25.0 \times 2.0) = 2,500.0 \text{ mm}^2$$

$$f_t = A_s \times f_s' / A_{sn} = 3,000.0 \times 105.0 / 2,500.0 = 126.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

5) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

- 힘에 의한 BOLT의 응력



제1열 $p_p = (105.00 + 70.000) / 2 \times 150.0 \times 10.0 / 2 = 6.56\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$

- 전단력에 의한 볼트의 응력

$\rho_s = 314.105 / 16.0\text{ea} = 1.96\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$

- 합성 응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{4.307\text{E}+09 + 3.854\text{E}+08} = 6.85\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

$I_w = 10.0 \times 900.0^3 / 12 = 6.08\text{E}+08 \text{ mm}^4$

- 세로보 중립축에서 이음판 상연까지의 거리

$y_{su} = 900.0 / 2 - 60.0 = 390.0 \text{ mm}$

- 세로보 이음판의 단면2차모멘트

규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
2 - 780.0 × 12.0	18,720.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	9.491E+08
합계	18,720.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	9.491E+08

$I_s = I_{xo} + AY^2 = 949,104,000.0 + 0.0 = 9.49\text{E}+08 \text{ mm}^4$

- 세로보 복부판이 담당하는 휨모멘트

$M_w = M \cdot I_w / I = 333.795 \times 0.000608 / 0.001850 = 109.629 \text{ kN} \cdot \text{m}$

- 세로보 이음판의 응력검토

$f_w = M_w \cdot y_{su} / I_s = 109.629 \times 390.0 / 949,104,000.0 = 45.048 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$

- 공통 입력 사항 (강종 및 사용 BOLT 제원)

사용강재	볼트 제원	볼트 허용 응력 (N)
SM400B	H.T.B M22 F 10T	96,000.0

■ 작용 단면력 및 응력

구 분	모멘트 $M(\text{kN})$	전단력 $V(\text{kN})$	상부FL.응력 $f_u(\text{MPa})$		하부FL.응력 $f_l(\text{MPa})$		f_{sa} (MPa)	I (mm ⁴)
			인장	압축	압축	인장		
1STR01	333.79	314.10	83.011	83.011	83.011	83.011	140.00	1.850E+09
1STR02	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR03	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR04	398.54	347.71	99.113	99.113	99.113	99.113	140.00	1.850E+09
1STR05	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR06	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR07	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR08	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR09	4,143.39	1,047.70	465.362	465.362	465.362	465.362	140.00	6.344E+09
1STR10	9,900.05	1,461.12	1,110.776	1,110.776	1,110.776	1,110.776	140.00	6.355E+09
1STR11	10,168.03	1,532.71	1,139.672	1,139.672	1,139.672	1,139.672	140.00	6.366E+09
1STR12	4,007.09	1,026.73	448.669	448.669	448.669	448.669	140.00	6.377E+09
1STR13	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR14	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR15	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR16	405.98	347.71	100.962	100.962	100.962	100.962	140.00	1.850E+09
1STR17	421.44	347.71	104.808	104.808	104.808	104.808	140.00	1.850E+09
1STR18	421.49	347.71	104.821	104.821	104.821	104.821	140.00	1.850E+09
1STR19	406.04	347.71	100.978	100.978	100.978	100.978	140.00	1.850E+09
1STR20	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR21	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR22	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR23	4,000.83	1,025.20	449.351	449.351	449.351	449.351	140.00	6.344E+09
1STR24	10,034.22	1,507.91	1,125.830	1,125.830	1,125.830	1,125.830	140.00	6.355E+09
1STR25	10,033.53	1,480.90	1,124.597	1,124.597	1,124.597	1,124.597	140.00	6.366E+09
1STR26	4,149.44	1,049.04	464.608	464.608	464.608	464.608	140.00	6.377E+09
1STR27	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR28	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR29	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR30	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR31	398.54	347.71	99.111	99.111	99.111	99.111	140.00	1.850E+09
1STR32	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR33	385.58	347.71	95.890	95.890	95.890	95.890	140.00	1.850E+09
1STR34	333.93	314.21	83.045	83.045	83.045	83.045	140.00	1.850E+09

1) 상부 플랜지 이음 검토

▪ 상부 플랜지 이음 제원

(단위:mm)

구 분	t_u	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1STR01	10.0	10.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR02	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR03	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR04	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR05	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR06	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR07	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR08	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR09	I.P 거더로 대체							
1STR10	I.P 거더로 대체							
1STR11	I.P 거더로 대체							
1STR12	I.P 거더로 대체							
1STR13	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR14	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR15	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR16	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR17	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR18	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR19	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR20	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR21	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR22	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR23	I.P 거더로 대체							
1STR24	I.P 거더로 대체							
1STR25	I.P 거더로 대체							
1STR26	I.P 거더로 대체							
1STR27	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR28	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR29	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR30	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR31	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR32	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR33	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR34	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0

(1) 상부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1STR01	83.0	105.0	105.0	3,000.0	5,480.0	140.0	57.5	0.K	
1STR02	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR03	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR04	99.1	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR05	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR06	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR07	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR08	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR09	I.P 거더로 대체								
1STR10	I.P 거더로 대체								
1STR11	I.P 거더로 대체								
1STR12	I.P 거더로 대체								
1STR13	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR14	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR15	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR16	101.0	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR17	104.8	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR18	104.8	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR19	101.0	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR20	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR21	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR22	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR23	I.P 거더로 대체								
1STR24	I.P 거더로 대체								
1STR25	I.P 거더로 대체								
1STR26	I.P 거더로 대체								
1STR27	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR28	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR29	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR30	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR31	99.1	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR32	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR33	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR34	83.0	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,589.8	53,764.1	0.K
1STR02	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR03	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR04	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR05	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR06	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR07	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR08	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR14	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR15	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR16	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR17	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR18	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR19	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR20	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR21	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR22	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR28	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR29	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR30	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR31	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR32	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR33	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR34	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,593.5	53,764.9	0.K

(2) 상부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_u	판정
1STR01	83.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,480.0	0.K	140.0	70.3	126.0	0.K
1STR02	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR03	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR04	99.1	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR05	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR06	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR07	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR08	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR14	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR15	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR16	101.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR17	104.8	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR18	104.8	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR19	101.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR20	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR21	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR22	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR28	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR29	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR30	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR31	99.1	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR32	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR33	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR34	83.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,589.8	53,764.1	0.K
1STR02	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR03	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR04	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR05	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR06	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR07	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR08	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR14	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR15	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR16	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR17	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR18	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR19	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR20	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR21	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR22	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR28	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR29	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR30	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR31	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR32	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR33	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR34	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,593.5	53,764.9	0.K

2) 하부 플랜지 이음 검토

▪ 하부 플랜지 이음 제원

(단위:mm)

구 분	t_l	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1STR01	10.0	10.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR02	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR03	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR04	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR05	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR06	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR07	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR08	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR09	I.P 거더로 대체							
1STR10	I.P 거더로 대체							
1STR11	I.P 거더로 대체							
1STR12	I.P 거더로 대체							
1STR13	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR14	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR15	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR16	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR17	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR18	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR19	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR20	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR21	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR22	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR23	I.P 거더로 대체							
1STR24	I.P 거더로 대체							
1STR25	I.P 거더로 대체							
1STR26	I.P 거더로 대체							
1STR27	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR28	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR29	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR30	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR31	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR32	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR33	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1STR34	10.0	10.0	300.0	125.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0

(1) 하부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1STR01	83.0	105.0	105.0	3,000.0	5,480.0	140.0	57.5	0.K	
1STR02	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR03	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR04	99.1	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR05	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR06	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR07	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR08	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR09	I.P 거더로 대체								
1STR10	I.P 거더로 대체								
1STR11	I.P 거더로 대체								
1STR12	I.P 거더로 대체								
1STR13	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR14	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR15	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR16	101.0	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR17	104.8	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR18	104.8	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR19	101.0	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR20	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR21	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR22	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR23	I.P 거더로 대체								
1STR24	I.P 거더로 대체								
1STR25	I.P 거더로 대체								
1STR26	I.P 거더로 대체								
1STR27	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR28	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR29	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR30	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR31	99.1	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR32	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR33	95.9	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	
1STR34	83.0	105.0	105.0	3,000.0	5,500.0	140.0	57.3	0.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,589.8	53,764.1	0.K
1STR02	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR03	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR04	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR05	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR06	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR07	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR08	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR14	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR15	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR16	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR17	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR18	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR19	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR20	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR21	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR22	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR28	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR29	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR30	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR31	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR32	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR33	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR34	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,593.5	53,764.9	0.K

(2) 하부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_l	판정
1STR01	83.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,480.0	0.K	140.0	70.3	126.0	0.K
1STR02	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR03	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR04	99.1	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR05	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR06	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR07	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR08	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR14	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR15	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR16	101.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR17	104.8	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR18	104.8	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR19	101.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR20	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR21	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR22	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR28	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR29	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR30	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR31	99.1	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR32	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR33	95.9	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K
1STR34	83.0	105.0	105.0	2,500.0	3,000.0	4,500.0	0.K	140.0	70.0	126.0	0.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,589.8	53,764.1	0.K
1STR02	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR03	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR04	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR05	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR06	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR07	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR08	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체										
1STR10	I.P 거더로 대체										
1STR11	I.P 거더로 대체										
1STR12	I.P 거더로 대체										
1STR13	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR14	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR15	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR16	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR17	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR18	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR19	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR20	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR21	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR22	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체										
1STR24	I.P 거더로 대체										
1STR25	I.P 거더로 대체										
1STR26	I.P 거더로 대체										
1STR27	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR28	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR29	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR30	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR31	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR32	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR33	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	12,829.8	54,044.9	0.K
1STR34	1.365E+06	150.0	3.0	3.3	6.0	0.K	96,000.0	52,500.0	11,593.5	53,764.9	0.K

3) WEB 연결부 검토

▪ WEB 이음 제원

구 분	h_w (mm)	t_w (mm)	t_{ws} (mm)	h_o (mm)	I_w (mm ⁴)	y_s (mm)	I_s (mm ⁴)	f_{sa} (MPa)	f_w (MPa)	판정
1STR01	900.0	10.0	12.0	450.0	6.08E+08	390.0	9.49E+08	140.0	45.0	0.K
1STR02	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR03	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR04	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	64.5	0.K
1STR05	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR06	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR07	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR08	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체									
1STR10	I.P 거더로 대체									
1STR11	I.P 거더로 대체									
1STR12	I.P 거더로 대체									
1STR13	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR14	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR15	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR16	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	65.7	0.K
1STR17	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	68.3	0.K
1STR18	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	68.3	0.K
1STR19	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	65.8	0.K
1STR20	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR21	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR22	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체									
1STR24	I.P 거더로 대체									
1STR25	I.P 거더로 대체									
1STR26	I.P 거더로 대체									
1STR27	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR28	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR29	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR30	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR31	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	64.5	0.K
1STR32	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR33	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	62.4	0.K
1STR34	900.0	10.0	10.0	450.0	6.08E+08	390.0	7.91E+08	140.0	54.1	0.K

구 분	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)	비 고
1STR01	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR02	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR03	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR04	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR05	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR06	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR07	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR08	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR09	I.P 거더로 대체						
1STR10	I.P 거더로 대체						
1STR11	I.P 거더로 대체						
1STR12	I.P 거더로 대체						
1STR13	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR14	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR15	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR16	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR17	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR18	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR19	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR20	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR21	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR22	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR23	I.P 거더로 대체						
1STR24	I.P 거더로 대체						
1STR25	I.P 거더로 대체						
1STR26	I.P 거더로 대체						
1STR27	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR28	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR29	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR30	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR31	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR32	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR33	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1STR34	7 @ 100 = 700.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	

구 분	f_1 (MPa)	f_2 (MPa)	f_3 (MPa)	f_4 (MPa)	ρ_{sa} (N/ea)	제1열 ρ_p (N/ea)	ρ_s (N/ea)	ρ (N/ea)	판정
1STR01	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	1.96E+04	6.85E+04	0.K
1STR02	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR03	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR04	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR05	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR06	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR07	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR08	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR09	I.P 거더로 대체								
1STR10	I.P 거더로 대체								
1STR11	I.P 거더로 대체								
1STR12	I.P 거더로 대체								
1STR13	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR14	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR15	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR16	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR17	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR18	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR19	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR20	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR21	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR22	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR23	I.P 거더로 대체								
1STR24	I.P 거더로 대체								
1STR25	I.P 거더로 대체								
1STR26	I.P 거더로 대체								
1STR27	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR28	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR29	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR30	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR31	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR32	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR33	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	2.17E+04	6.91E+04	0.K
1STR34	105.0	70.0	46.7	23.3	9.60E+04	6.56E+04	1.96E+04	6.85E+04	0.K

7.4 가로보의 연결

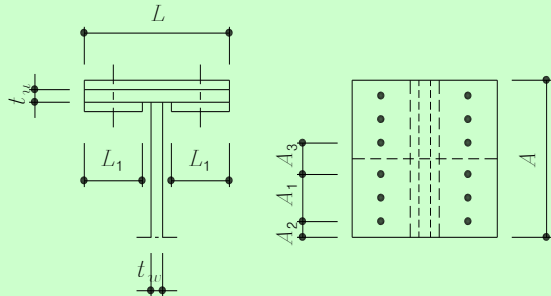
[1CR01]

(강종 : SM400B)

(가로보 계산 참조)

모멘트 $M(kN)$	전단력 $V(kN)$	상부FL.응력 $f_u(MPa)$		하부FL.응력 $f_l(MPa)$		허용휨인장응력 $f_{sa}(MPa)$	단면2차모멘트 $I(mm^4)$
		인장	압축	압축	인장		
942.99	486.93	96.976	96.976	96.976	96.976	140.00	6.943E+09

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) $\rho_{sa} = 48,000 \times 2 \text{면} = 96,000 \text{ N}$ (도.설.해3.3.2.3)



$t_u = 14.0 \text{ mm}$
 $t_w = 12.0 \text{ mm}$
 $L = 300.0 \text{ mm}$
 $L_1 = 124.0 \text{ mm}$
 $A = 505.0 \text{ mm}$
 $A_1 = 2 @ 85 \text{ mm}$
 $\quad = 170.0 \text{ mm}$
 $A_2 = 40.0 \text{ mm}$
 $A_3 = 85.0 \text{ mm}$

1) 상부 플랜지 이음 (압축부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 97.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_u) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 4,200.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 4.6ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 4,200.0 = 4,200.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$\begin{aligned} A_{use} &= 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0 \\ &\quad 2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0 \\ \hline \Sigma &= 5,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 4,200.0 \times 105.0 / 5,480.0 = 80.5 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 4,200.0 \times 105.0 / 6.0 = 73,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 14.0 \times (714.0 - 7.0) = 2.969E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 6.943E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 486.934^3 \times 2,969,400.0 / 6,942,868,800.0 \times 150.0 / 3.0 = 10,412.9 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{5.402E+09 + 1.084E+08} = 74,233.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

2) 상부 플랜지 이음 (인장부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 97.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_u) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 4,200.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 4.6ea \Rightarrow n_t = \mathbf{6.0ea} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 4,200.0 = 4,200.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$A_{use} = 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0$$

$$2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$\Sigma = 5,480.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

$$A_n = 5,480.0 - 25.0 \times 10.0 \times 2.0 \times 2.0ea = 4,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 4,200.0 \times 105.0 / 4,480.0 = 98.4 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 4,200.0 \times 105.0 / 6.0 = 73,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 14.0 \times (714.0 - 7.0) = 2.969E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 6.943E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = \mathbf{3.0ea} \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 486.934^3 \times 2,969,400.0 / 6,942,868,800.0 \times 150.0 / 3.0 = 10,412.9 \text{ N/ea}$$

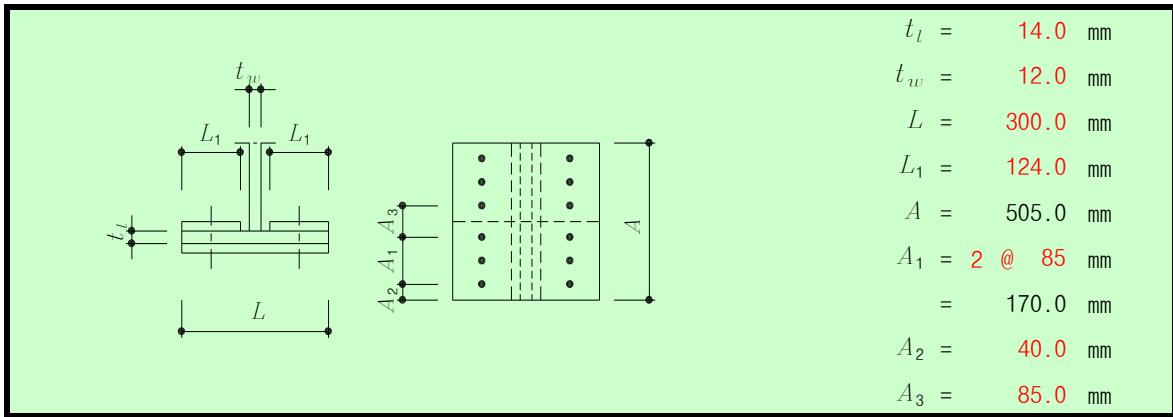
- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{5.402E+09 + 1.084E+08} = 74,233.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

④ 모재의 응력검토

$$A_{sn} = 14.0 \times (300.0 - 25.0 \times 2.0) = 3,500.0 \text{ mm}^2$$

$$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn} = 4,200.0 \times 105.0 / 3,500.0 = 126.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$



3) 하부 플랜지 이음 (압축부) (도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 97.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_i) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 4,200.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 4.6ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 4,200.0 = 4,200.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$\begin{aligned} A_{use} &= 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0 \\ &2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0 \\ \hline \Sigma &= 5,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 4,200.0 \times 105.0 / 5,480.0 = 80.5 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 4,200.0 \times 105.0 / 6.0 = 73,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 힘에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 14.0 \times (714.0 - 7.0) = 2.969E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 6.943E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$$\begin{aligned} \rho_h &= V \cdot Q / I \times p / n \\ &= 486.934^3 \times 2,969,400.0 / 6,942,868,800.0 \times 150.0 / 3.0 = 10,412.9 \text{ N/ea} \end{aligned}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{5.402E+09 + 1.084E+08} = 74,233.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

4) 하부 플랜지 이음 (인장부)

(도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 97.0 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_t) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 4,200.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 4.6ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 4,200.0 \times 105.0 / 140.0 = 3,150.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$A_{use} = 2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$\Sigma = 4,960.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

$$A_n = 4,960.0 - 25.0 \times 10.0 \times 2.0 \times 2.0ea = 3,960.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 4,200.0 \times 105.0 / 3,960.0 = 111.4 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 4,200.0 \times 105.0 / 6.0 = 73,500.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 힘에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 14.0 \times (714.0 - 7.0) = 2.969E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 6.943E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 486.934^3 \times 2,969,400.0 / 6,942,868,800.0 \times 150.0 / 3.0 = 10,412.9 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{5.402E+09 + 1.084E+08} = 74,233.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

④ 모재의 응력검토

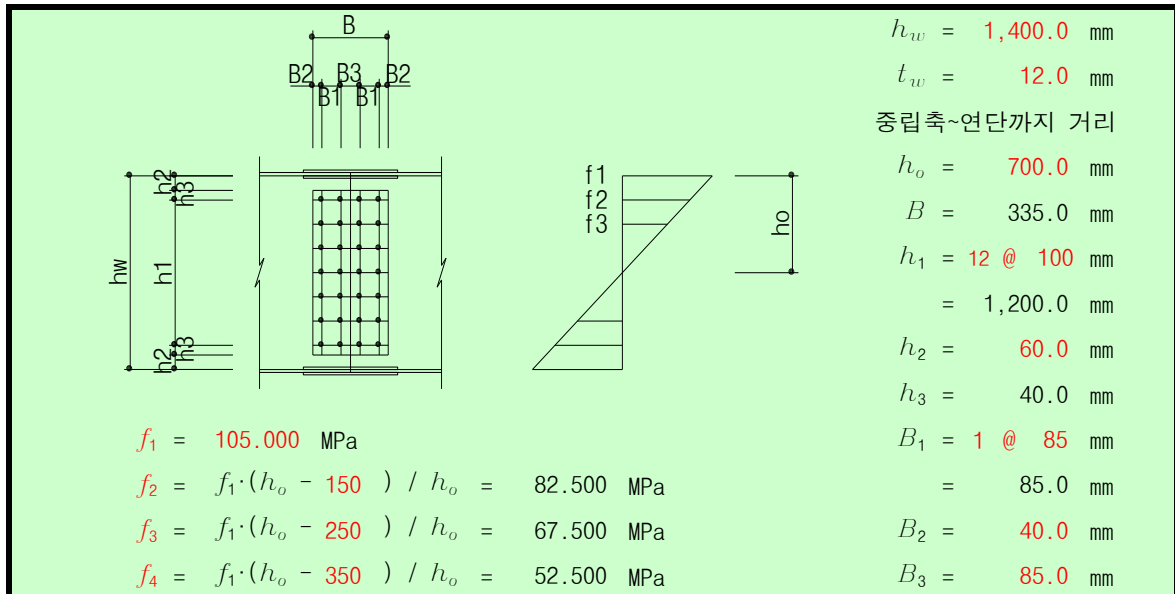
$$A_{sn} = 14.0 \times (300.0 - 25.0 \times 2.0) = 3,500.0 \text{ mm}^2$$

$$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn} = 4,200.0 \times 105.0 / 3,500.0 = 126.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

5) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

- 힘에 의한 BOLT의 응력



제1열 $p_p = (105.00 + 82.500) / 2 \times 150.0 \times 12.0 / 2 = 8.44\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$

- 전단력에 의한 볼트의 응력

$\rho_s = 486.934 / 26.0\text{ea} = 1.87\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$

- 합성 응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{7.119\text{E}+09 + 3.507\text{E}+08} = 8.64\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

$I_w = 12.0 \times 1,400.0^3 / 12 = 2.74\text{E}+09 \text{ mm}^4$

- 가로보 중립축에서 이음판 상연까지의 거리

$y_{su} = 1,400.0 / 2 - 60.0 = 640.0 \text{ mm}$

- 가로보 이음판의 단면2차모멘트

규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
2 - 1,280.0 × 12.0	30,720.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	4.194E+09
합계	30,720.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	4.194E+09

$I_s = I_{xo} + AY^2 = 4,194,304,000.0 + 0.0 = 4.19\text{E}+09 \text{ mm}^4$

- 가로보 복부판이 담당하는 휨모멘트

$M_w = M \cdot I_w / I = 942.986 \times 0.002744 / 0.006943 = 372.692 \text{ kN} \cdot \text{m}$

- 가로보 이음판의 응력검토

$f_w = M_w \cdot y_{su} / I_s = 372.692 \times 640.0 / 4,194,304,000.0 = 56.868 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$

- 공통 입력 사항 (강종 및 사용 BOLT 제원)

사용강재	볼트 제원	볼트 허용 응력 (N)
SM400B	H.T.B M22 F 10T	96,000.0

■ 작용 단면력 및 응력

구 분	모멘트 $M(\text{kN})$	전단력 $V(\text{kN})$	상부FL.응력 $f_u(\text{MPa})$		하부FL.응력 $f_l(\text{MPa})$		f_{sa} (MPa)	I (mm ⁴)
			인장	압축	압축	인장		
1CR01	942.99	486.93	96.976	96.976	96.976	96.976	140.00	6.943E+09
1CR02	709.78	440.02	88.730	88.730	88.730	88.730	140.00	5.296E+09
1CR03	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR04	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR05	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR06	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR07	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR08	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR09	739.61	454.89	83.154	83.154	83.154	83.154	140.00	6.333E+09
1CR10	740.21	455.30	75.305	75.305	75.305	75.305	140.00	7.490E+09
1CR11	742.20	456.68	53.238	53.238	53.238	53.238	140.00	1.274E+10
1CR12	740.13	455.25	75.296	75.296	75.296	75.296	140.00	7.490E+09
1CR13	732.81	452.55	82.390	82.390	82.390	82.390	140.00	6.333E+09
1CR14	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR15	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR16	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR17	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR18	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR19	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR20	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR21	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR22	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR23	739.61	454.89	83.154	83.154	83.154	83.154	140.00	6.333E+09
1CR24	740.21	455.30	75.305	75.305	75.305	75.305	140.00	7.490E+09
1CR25	742.20	456.68	53.238	53.238	53.238	53.238	140.00	1.274E+10
1CR26	740.13	455.25	75.296	75.296	75.296	75.296	140.00	7.490E+09
1CR27	732.81	452.55	82.390	82.390	82.390	82.390	140.00	6.333E+09
1CR28	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR29	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR30	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR31	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR32	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR33	732.29	452.19	91.545	91.545	91.545	91.545	140.00	5.296E+09
1CR34	673.65	414.40	84.214	84.214	84.214	84.214	140.00	5.296E+09
1CR35	944.28	487.58	97.109	97.109	97.109	97.109	140.00	6.943E+09

1) 상부 플랜지 이음 검토

▪ 상부 플랜지 이음 제원

(단위:mm)

구 분	t_u	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1CR01	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR02	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR03	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR04	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR05	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR06	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR07	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR08	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR09	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR10	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR11	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR12	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR13	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR14	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR15	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR16	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR17	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR18	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR19	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR20	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR21	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR22	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR23	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR24	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR25	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR26	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR27	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR28	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR29	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR30	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR31	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR32	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR33	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR34	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR35	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0

(1) 상부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1CR01	97.0	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	
1CR02	88.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR03	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR04	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR05	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR06	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR07	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR08	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR09	83.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR10	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR11	53.2	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	
1CR12	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR13	82.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR14	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR15	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR16	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR17	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR18	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR19	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR20	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR21	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR22	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR23	83.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR24	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR25	53.2	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	
1CR26	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR27	82.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR28	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR29	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR30	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR31	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR32	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR33	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR34	84.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR35	97.1	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,412.9	74,233.9	0.K
1CR02	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,811.7	63,759.5	0.K
1CR03	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR04	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR05	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR06	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR07	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR08	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR09	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR10	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR11	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR12	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR13	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR14	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR15	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR17	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR19	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR20	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR21	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR22	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR23	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR25	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR27	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR29	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR31	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR32	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR33	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR34	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,240.5	63,674.1	0.K
1CR35	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,426.6	74,235.9	0.K

(2) 상부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_u	판정
1CR01	97.0	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K
1CR02	88.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR03	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR04	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR05	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR06	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR07	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR08	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR09	83.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR10	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR11	53.2	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K
1CR12	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR13	82.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR14	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR15	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR16	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR17	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR18	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR19	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR20	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR21	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR22	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR23	83.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR24	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR25	53.2	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K
1CR26	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR27	82.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR28	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR29	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR30	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR31	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR32	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR33	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR34	84.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR35	97.1	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,412.9	74,233.9	0.K
1CR02	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,811.7	63,759.5	0.K
1CR03	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR04	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR05	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR06	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR07	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR08	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR09	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR10	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR11	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR12	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR13	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR14	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR15	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR17	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR19	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR20	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR21	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR22	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR23	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR25	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR27	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR29	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR31	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR32	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR33	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR34	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,240.5	63,674.1	0.K
1CR35	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,426.6	74,235.9	0.K

2) 하부 플랜지 이음 검토

▪ 하부 플랜지 이음 제원

(단위:mm)

구 분	t_l	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1CR01	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR02	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR03	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR04	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR05	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR06	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR07	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR08	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR09	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR10	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR11	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR12	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR13	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR14	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR15	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR16	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR17	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR18	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR19	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR20	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR21	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR22	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR23	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR24	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR25	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR26	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR27	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR28	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR29	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR30	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR31	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR32	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR33	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR34	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR35	14.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0

(1) 하부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1CR01	97.0	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	
1CR02	88.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR03	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR04	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR05	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR06	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR07	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR08	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR09	83.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR10	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR11	53.2	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	
1CR12	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR13	82.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR14	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR15	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR16	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR17	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR18	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR19	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR20	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR21	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR22	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR23	83.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR24	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR25	53.2	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	
1CR26	75.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR27	82.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR28	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR29	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR30	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR31	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR32	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR33	91.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR34	84.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR35	97.1	105.0	105.0	4,200.0	5,480.0	140.0	80.5	0.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,412.9	74,233.9	0.K
1CR02	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,811.7	63,759.5	0.K
1CR03	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR04	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR05	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR06	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR07	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR08	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR09	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR10	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR11	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR12	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR13	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR14	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR15	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR17	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR19	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR20	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR21	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR22	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR23	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR25	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR27	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR29	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR31	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR32	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR33	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR34	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,240.5	63,674.1	0.K
1CR35	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,426.6	74,235.9	0.K

(2) 하부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_l	판정
1CR01	97.0	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K
1CR02	88.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR03	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR04	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR05	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR06	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR07	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR08	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR09	83.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR10	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR11	53.2	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K
1CR12	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR13	82.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR14	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR15	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR16	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR17	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR18	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR19	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR20	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR21	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR22	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR23	83.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR24	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR25	53.2	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K
1CR26	75.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR27	82.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR28	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR29	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR30	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR31	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR32	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR33	91.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR34	84.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR35	97.1	105.0	105.0	3,500.0	4,200.0	4,480.0	0.K	140.0	98.4	126.0	0.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,412.9	74,233.9	0.K
1CR02	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,811.7	63,759.5	0.K
1CR03	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR04	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR05	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR06	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR07	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR08	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR09	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR10	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR11	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR12	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR13	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR14	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR15	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR17	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR19	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR20	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR21	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR22	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR23	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,128.3	63,657.9	0.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,271.9	63,540.7	0.K
1CR25	3.809E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	6,826.3	73,816.3	0.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	8,270.9	63,540.6	0.K
1CR27	2.542E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,081.3	63,651.2	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR29	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR31	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR32	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR33	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,083.0	63,801.8	0.K
1CR34	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,240.5	63,674.1	0.K
1CR35	2.969E+06	150.0	3.0	4.6	6.0	0.K	96,000.0	73,500.0	10,426.6	74,235.9	0.K

3) WEB 연결부 검토

▪ WEB 이음 제원

구 분	h_w (mm)	t_w (mm)	t_{ws} (mm)	h_o (mm)	I_w (mm ⁴)	y_s (mm)	I_s (mm ⁴)	f_{sa} (MPa)	f_w (MPa)	판정
1CR01	1,400.0	12.0	12.0	700.0	2.74E+09	640.0	4.19E+09	140.0	56.9	0.K
1CR02	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	52.9	0.K
1CR03	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR04	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR05	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR06	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR07	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR08	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR09	1,400.0	12.0	12.0	700.0	2.74E+09	640.0	4.19E+09	140.0	48.9	0.K
1CR10	1,500.0	12.0	12.0	750.0	3.38E+09	690.0	5.26E+09	140.0	43.8	0.K
1CR11	1,800.0	12.0	12.0	900.0	5.83E+09	840.0	9.48E+09	140.0	30.1	0.K
1CR12	1,500.0	12.0	12.0	750.0	3.38E+09	690.0	5.26E+09	140.0	43.8	0.K
1CR13	1,400.0	12.0	12.0	700.0	2.74E+09	640.0	4.19E+09	140.0	48.5	0.K
1CR14	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR15	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR16	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR17	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR18	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR19	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR20	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR21	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR22	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR23	1,400.0	12.0	12.0	700.0	2.74E+09	640.0	4.19E+09	140.0	48.9	0.K
1CR24	1,500.0	12.0	12.0	750.0	3.38E+09	690.0	5.26E+09	140.0	43.8	0.K
1CR25	1,800.0	12.0	12.0	900.0	5.83E+09	840.0	9.48E+09	140.0	30.1	0.K
1CR26	1,500.0	12.0	12.0	750.0	3.38E+09	690.0	5.26E+09	140.0	43.8	0.K
1CR27	1,400.0	12.0	12.0	700.0	2.74E+09	640.0	4.19E+09	140.0	48.5	0.K
1CR28	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR29	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR30	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR31	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR32	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR33	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	54.5	0.K
1CR34	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	50.2	0.K
1CR35	1,400.0	12.0	12.0	700.0	2.74E+09	640.0	4.19E+09	140.0	56.9	0.K

구 분	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)	비 고
1CR01	12 @ 100 = 1,200.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR02	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR03	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR04	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR05	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR06	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR07	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR08	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR09	12 @ 100 = 1,200.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR10	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR11	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR12	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR13	12 @ 100 = 1,200.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR14	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR15	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR16	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR17	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR18	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR19	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR20	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR21	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR22	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR23	12 @ 100 = 1,200.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR24	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR25	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR26	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR27	12 @ 100 = 1,200.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR28	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR29	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR30	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR31	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR32	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR33	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR34	11 @ 100 = 1,100.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR35	12 @ 100 = 1,200.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	

구 분	f_1 (MPa)	f_2 (MPa)	f_3 (MPa)	f_4 (MPa)	ρ_{sa} (N/ea)	제1열 ρ_p (N/ea)	ρ_s (N/ea)	ρ (N/ea)	판정
1CR01	105.0	82.5	67.5	52.5	9.60E+04	8.44E+04	1.87E+04	8.64E+04	0.K
1CR02	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.83E+04	8.56E+04	0.K
1CR03	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR04	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR05	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR06	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR07	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR08	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR09	105.0	82.5	67.5	52.5	9.60E+04	8.44E+04	1.75E+04	8.62E+04	0.K
1CR10	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	1.63E+04	8.66E+04	0.K
1CR11	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	1.34E+04	8.77E+04	0.K
1CR12	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	1.63E+04	8.66E+04	0.K
1CR13	105.0	82.5	67.5	52.5	9.60E+04	8.44E+04	1.74E+04	8.62E+04	0.K
1CR14	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR15	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR16	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR17	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR18	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR19	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR20	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR21	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR22	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR23	105.0	82.5	67.5	52.5	9.60E+04	8.44E+04	1.75E+04	8.62E+04	0.K
1CR24	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	1.63E+04	8.66E+04	0.K
1CR25	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	1.34E+04	8.77E+04	0.K
1CR26	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	1.63E+04	8.66E+04	0.K
1CR27	105.0	82.5	67.5	52.5	9.60E+04	8.44E+04	1.74E+04	8.62E+04	0.K
1CR28	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR29	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR30	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR31	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR32	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR33	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.88E+04	8.57E+04	0.K
1CR34	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.73E+04	8.54E+04	0.K
1CR35	105.0	82.5	67.5	52.5	9.60E+04	8.44E+04	1.88E+04	8.64E+04	0.K

8. DIAPHRAGM의 설계

8.1 중간 DIAPHRAGM (일반부)

(절점 47)

(도.설.해 3.8.9.2)

- Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

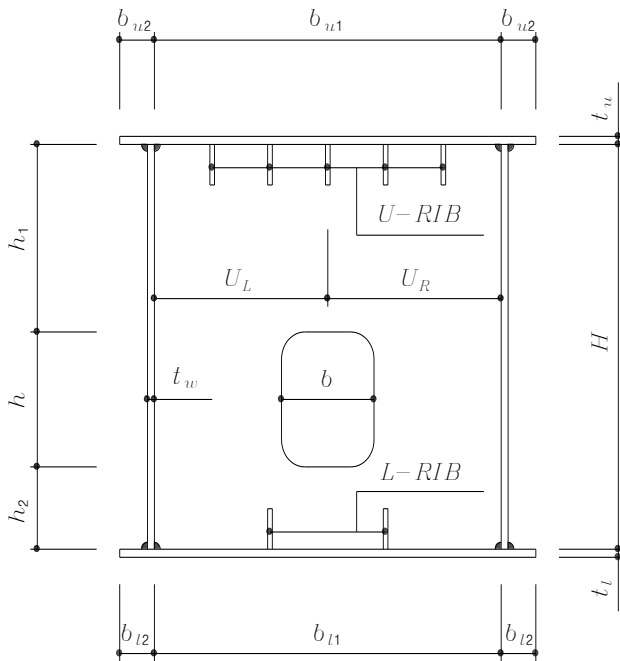
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [4.998 m]

L : 교량의 지간길이(m) [49.450 m]

$L = 49.450\text{ m} \leq 50.000\text{ m} \Rightarrow L_D = 4.998\text{ m} < L_{Dreq} = 6.000\text{ m} \cdots \cdots \text{O.K !!}$



b_{u1}	=	2,400.0	mm
b_{u2}	=	120.0	mm
b_{uL}	=	0.0	mm
b_{uR}	=	0.0	mm
U_L	=	1,200.0	mm
U_R	=	1,200.0	mm
b_{l1}	=	2,400.0	mm
b_{l2}	=	120.0	mm
b	=	900.0	mm
H	=	2,493.8	mm
h	=	900.0	mm
h_1	=	1,243.8	mm
h_2	=	350.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : $t_D = 8.0\text{ mm}$ 강재 탄성계수 : $2.05\text{E}+05\text{ MPa}$ 강재전단탄성계수 : $7.90\text{E}+04\text{ MPa}$

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-	-	-	2.760E+10
보강판	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+06
L - WEB	1 - 2,493.8 × 12.0	29,925.1	-	-	-	3.591E+05
R - WEB	1 - 2,493.8 × 12.0	29,925.1	-	-	-	3.591E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 20.0	52,800.0	-	-	-	3.067E+10
합 계		173,550.2	-	-	-	5.829E+10

- Diaphragm의 개구율

$$\rho = \sqrt{A' / A} = \sqrt{[(900.0 \times 900.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,493.8\}]} = 0.368$$

$$0.4 \geq \rho = 0.368$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

- 상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 47,520.0 + 0.0 + 2,880.0 = 5.040\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 10,500.0 + 52,800.0 = 6.330\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 복부 1개의 단면적

$$F_h = 29,925.1 = 2.993\text{E}+04 \text{ mm}^2$$

- 상부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_u = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

- 하부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_l = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

- 상부플랜지의 돌출폭

$$b_1 = 120.0 - 12.0 = 108.0 \text{ mm}$$

- 하부플랜지의 돌출폭

$$b_2 = 120.0 - 12.0 = 108.0 \text{ mm}$$

- 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_u = 27,599,616,000.0 + 3,456,000 + 460,800,000 = 2.806387\text{E}+10 \text{ mm}^2$$

- 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 30,666,240,000.0 + 19,687,500.00 + 3,360,000,000 = 3.405\text{E}+10 \text{ mm}^2$$

- 변형함수

$$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{32,160,067.5 / (32,160,067.5 + 29,679,945.0)\} \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 2,493.8 = 1.564\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{29,679,945.0 / (32,160,067.5 + 29,679,945.0)\} \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 2,493.8 = 1.443\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (34,045,927,500.0 / 2,412.0) + \{(2,412.0 + 2 \times 2,412.0) \times 29,925.1 / 12\} = 3.216\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (28,063,872,000.0 / 2,412.0) + \{(2 \times 2,412.0 + 2,412.0) \times 29,925.1 / 12\} = 2.968\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

- 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$I_{DW} = 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\}$$

$$(1/3) \cdot \{1,564,044.8^2 \times 50,400.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 +$$

$$1,443,428.6^2 \times 63,300.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 + 2 \times (1,564,044.8^2$$

$$- 1,564,044.8 \times 1,443,428.6 + 1,443,428.6^2) \times 29,925.1\} = 1.463\text{E}+17 \text{ mm}^6$$

- Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 146,304,049,423,780,000.0 / 6,000.0^3 = 2.777\text{E}+12 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,493.8\} \times 8.0 = 1.513\text{E}+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 1.513\text{E}+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 2.777\text{E}+12 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots\dots \mathbf{O.K !!}$$

8. DIAPHRAGM의 설계

8.1 중간 DIAPHRAGM (교대부)

(절점 1)

(도.설.해 3.8.9.2)

- Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

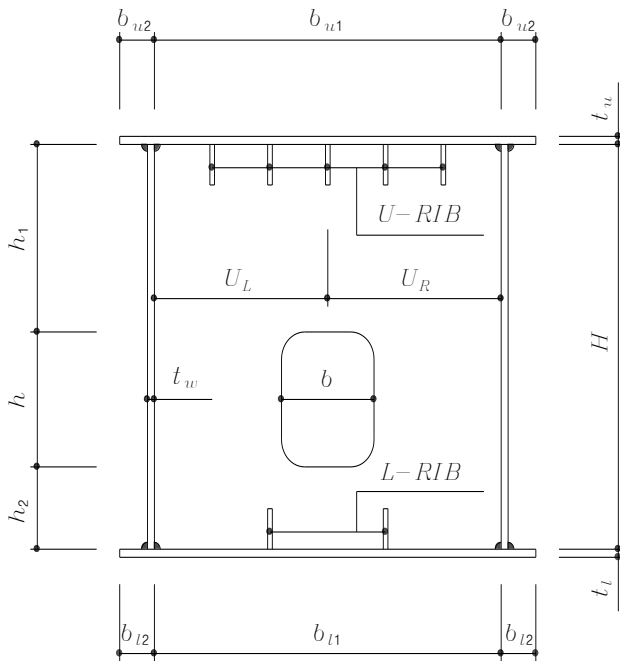
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [4.449 m]

L : 교량의 지간길이(m) [49.450 m]

$L = 49.450 \text{ m} \leq 50.000 \text{ m} \Rightarrow L_D = 4.449 \text{ m} < L_{Dreq} = 6.000 \text{ m} \dots\dots \text{O.K !!}$



b_{u1}	=	2,400.0	mm
b_{u2}	=	120.0	mm
b_{uL}	=	0.0	mm
b_{uR}	=	0.0	mm
U_L	=	1,200.0	mm
U_R	=	1,200.0	mm
b_{l1}	=	2,400.0	mm
b_{l2}	=	120.0	mm
b	=	600.0	mm
H	=	2,000.0	mm
h	=	1,000.0	mm
h_1	=	650.0	mm
h_2	=	350.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : $t_D = 16.0 \text{ mm}$ 강재 탄성계수 : $2.05\text{E}+05 \text{ MPa}$ 강재전단탄성계수 : $7.90\text{E}+04 \text{ MPa}$

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-	-	-	1.533E+10
보강판	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 120.0 × 12.0	7,200.0	-	-	-	8.640E+06
L - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	2.880E+05
R - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	2.880E+05
LOWER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-	-	-	1.840E+10
합 계		116,160.0	-	-	-	3.375E+10

- Diaphragm의 개구율

$$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(600.0 \times 1,000.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,000.0\}]} = 0.354$$

$$0.4 \geq \rho = 0.354$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

- 상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 26,400.0 + 0.0 + 7,200.0 = 3.360\text{E}+04 \text{ mm}^2$$

- 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 2,880.0 + 31,680.0 = 3.456\text{E}+04 \text{ mm}^2$$

- 복부 1개의 단면적

$$F_h = 24,000.0 = 2.400E+04 \text{ mm}^2$$

- 상부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_u = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

- 하부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_l = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

- 상부플랜지의 돌출폭

$$b_1 = 120.0 - 12.0 = 108.0 \text{ mm}$$

- 하부플랜지의 돌출폭

$$b_2 = 120.0 - 12.0 = 108.0 \text{ mm}$$

- 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_u = 15,333,120,000.0 + 8,640,000 + 2,304,000,000 = 1.764576E+10 \text{ mm}^2$$

- 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 18,399,744,000.0 + 3,456,000.000 + 460,800,000 = 1.886E+10 \text{ mm}^2$$

- 변형함수

$$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{22,292,895.5 / (22,292,895.5 + 21,787,820.9) \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 2,000.0 = 1.220E+06 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{21,787,820.9 / (22,292,895.5 + 21,787,820.9) \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 2,000.0 = 1.192E+06 \text{ mm}^2$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (18,864,000,000.0 / 2,412.0) + \{(2,412.0 + 2 \times 2,412.0) \times 24,000.0 / 12\} = 2.229E+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (17,645,760,000.0 / 2,412.0) + \{(2 \times 2,412.0 + 2,412.0) \times 24,000.0 / 12\} = 2.179E+07 \text{ mm}^3$$

- 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$I_{DW} = 1/3 \cdot \{ \alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h \}$$

$$(1/3) \cdot \{ 1,219,818.3^2 \times 33,600.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 +$$

$$1,192,181.7^2 \times 34,560.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 + 2 \times (1,219,818.3^2$$

$$- 1,219,818.3 \times 1,192,181.7 + 1,192,181.7^2) \times 24,000.0 \} = 6.250E+16 \text{ mm}^6$$

- Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 62,500,891,269,910,200.0 / 6,000.0^3 = 1.186E+12 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,000.0\} \times 16.0 = 2.427E+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 2.427E+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 1.186E+12 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots \quad \mathbf{O.K !!}$$

8. DIAPHRAGM의 설계

8.1 중간 DIAPHRAGM (교각부)

(절점 11)

(도.설.해 3.8.9.2)

- Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

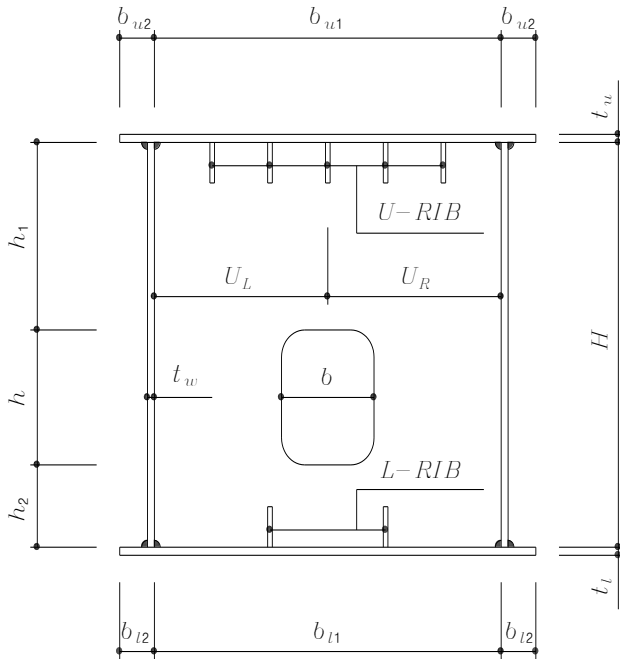
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [49.450 m]

$L = 49.450\text{ m} \leq 50.000\text{ m} \Rightarrow L_D = 5.000\text{ m} < L_{Dreq} = 6.000\text{ m} \cdots \cdots \text{O.K !!}$



b_{u1}	=	2,400.0	mm
b_{u2}	=	120.0	mm
b_{uL}	=	0.0	mm
b_{uR}	=	0.0	mm
U_L	=	1,200.0	mm
U_R	=	1,200.0	mm
b_{l1}	=	2,400.0	mm
b_{l2}	=	120.0	mm
b	=	600.0	mm
H	=	2,800.0	mm
h	=	1,200.0	mm
h_1	=	1,250.0	mm
h_2	=	350.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : $t_D = 26.0\text{ mm}$ 강재 탄성계수 : $2.05\text{E}+05\text{ MPa}$ 강재전단탄성계수 : $7.90\text{E}+04\text{ MPa}$

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-	-	-	2.760E+10
보강판	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 120.0 × 12.0	2,880.0	-	-	-	3.456E+06
L - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	6.403E+05
R - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	6.403E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 28.0	73,920.0	-	-	-	4.293E+10
합 계		213,220.0	-	-	-	7.056E+10

- Diaphragm의 개구율

$$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(600.0 \times 1,200.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,800.0\}]} = 0.327$$

$$0.4 \geq \rho = 0.327$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

- 상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 47,520.0 + 0.0 + 2,880.0 = 5.040\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 10,500.0 + 73,920.0 = 8.442\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 복부 1개의 단면적

$$F_h = 39,200.0 = 3.920E+04 \text{ mm}^2$$

- 상부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_u = 2,400.0 + 14.0/2 + 14.0/2 = 2,414.0 \text{ mm}$$

- 하부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_l = 2,400.0 + 14.0/2 + 14.0/2 = 2,414.0 \text{ mm}$$

- 상부플랜지의 돌출폭

$$b_1 = 120.0 - 14.0 = 106.0 \text{ mm}$$

- 하부플랜지의 돌출폭

$$b_2 = 120.0 - 14.0 = 106.0 \text{ mm}$$

- 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_u = 27,599,616,000.0 + 3,456,000 + 460,800,000 = 2.806387E+10 \text{ mm}^2$$

- 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 42,932,736,000.0 + 19,687,500.00 + 3,360,000,000 = 4.631E+10 \text{ mm}^2$$

- 변형함수

$$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{42,842,131.0 / (42,842,131.0 + 35,282,664.8)\} \times \{(2,414.0 + 2,414.0) / 4\} \times 2,800.0 = 1.853E+06 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{35,282,664.8 / (42,842,131.0 + 35,282,664.8)\} \times \{(2,414.0 + 2,414.0) / 4\} \times 2,800.0 = 1.526E+06 \text{ mm}^2$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (46,312,423,500.0 / 2,414.0) + \{(2,414.0 + 2 \times 2,414.0) \times 39,200.0 / 12\} = 4.284E+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (28,063,872,000.0 / 2,414.0) + \{(2 \times 2,414.0 + 2,414.0) \times 39,200.0 / 12\} = 3.528E+07 \text{ mm}^3$$

- 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$I_{DW} = 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\}$$

$$(1/3) \cdot \{1,853,307.4^2 \times 50,400.0 \times (1 + 2 \times 106.0 / 2,414.0)^2 +$$

$$1,526,292.6^2 \times 84,420.0 \times (1 + 2 \times 106.0 / 2,414.0)^2 + 2 \times (1,853,307.4^2$$

$$- 1,853,307.4 \times 1,526,292.6 + 1,526,292.6^2) \times 39,200.0\} = 2.226E+17 \text{ mm}^6$$

- Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 222,575,488,505,578,000.0 / 6,000.0^3 = 4.225E+12 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Diaphragm의 강도 검토

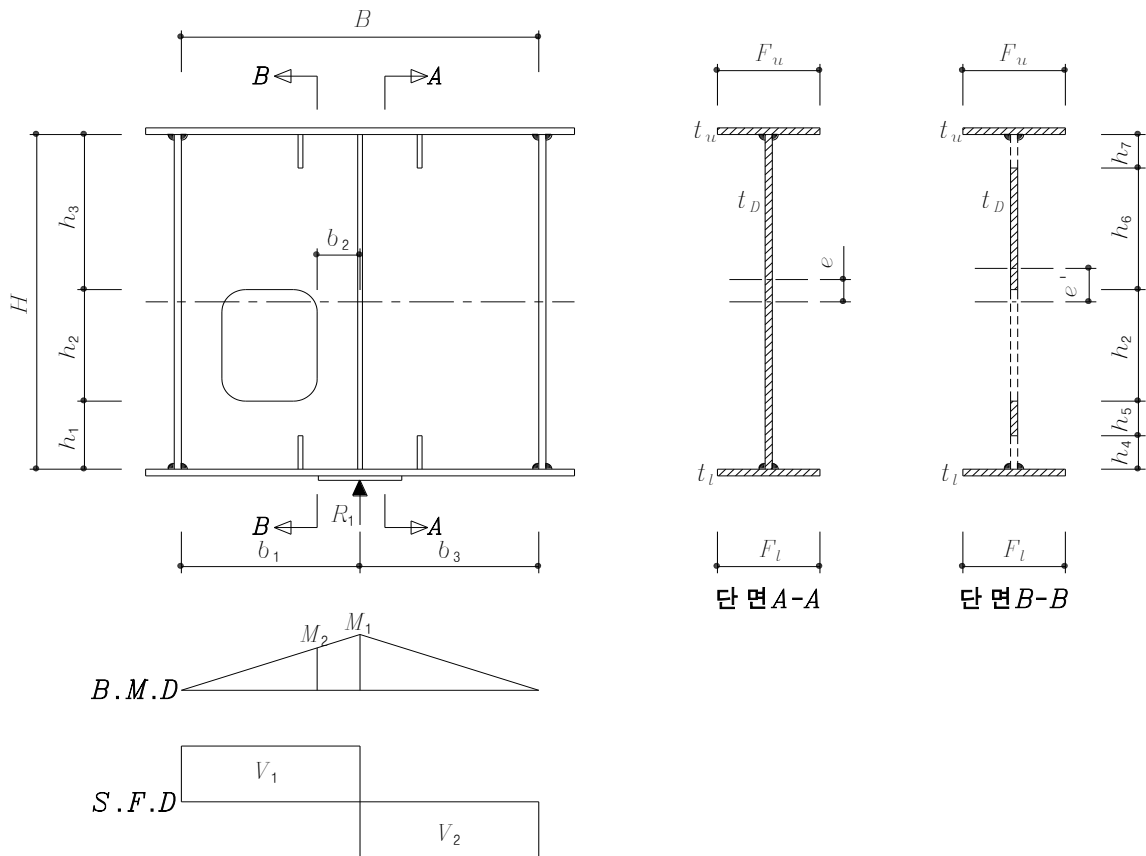
$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,800.0\} \times 26.0 = 5.521E+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 5.521E+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 4.225E+12 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots \quad \mathbf{O.K !!}$$

8. DIAPHRAGM의 설계

8.2 지점부 DIAPHRAGM 응력검토

(1) 교대부-1슈 (절점 35)



(단위 : mm)

B	H	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	b ₁	b ₂	b ₃
2,400	2,000	350	1,000	650	120	230	530	120	1,200	405	1,200

t _u	t _D	t _l	F _u	F _l	R ₁ (kN)	R ₂ (kN)	M ₁ (kN·m)	M ₂ (kN·m)	V ₁ (kN)	V ₂ (kN)
10	16	12	240	288	2,462.111	0.000	1,477.3	978.7	1,231.1	-1,231.1

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	A _s (mm ²)	Y(mm)	A _s ·Y(mm ³)	A _s ·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 240.0 × 10.0	2,400.0	1,005.0	2.412E+06	2.424E+09	2.000E+04
Diaphragm	1 - 2,000.0 × 16.0	32,000.0	-	-	-	1.067E+10
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,006.0	-3.477E+06	3.498E+09	4.147E+04
합 계		37,856.0	-1.0	-1.065E+06	5.922E+09	1.067E+10

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = -1,064,736.0 / 37,856.0 = -28.126 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 10,666,728,138.7 + 5,921,656,416.0 - 37,856.0 \times (-28.1)^2 = 1.656E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (1,477.267 / 16,558,437,842.1) \times (2,000.0/2 + 10.0 + -28.1) = 87.598 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 87.598 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 1,231.1 / 32,000.0 = 38.470 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 38.470 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 2축 응력상태의 검토

(도.설.해 3.8.2.5)

$f_v = 78.192 \text{ MPa}$ 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a} \right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \cdot \left(\frac{f_l}{f_a} \right) + \left(\frac{f_l}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2$$

$$(78.19/215.0)^2 - (78.19/215.0) \times (87.60/215.0) + (87.60/215.0)^2 + (38.47/125.0)^2 = 0.245$$

$$\therefore \text{2축 응력} = 0.245 \leq 1.200 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 240.0 × 10.0	2,400.0	1,005.0	2.412E+06	2.424E+09	2.000E+04
Diaphragm	1 - 530.0 × 16.0	8,480.0	615.0	5.215E+06	3.207E+09	1.985E+08
Diaphragm	1 - 230.0 × 16.0	3,680.0	-765.0	-2.815E+06	2.154E+09	1.622E+07
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,006.0	-3.477E+06	3.498E+09	4.147E+04
합 계		18,016.0	-151.0	1.335E+06	1.128E+10	2.148E+08

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = 1,335,264.0 / 18,016.0 = 74.115 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 214,786,805.3 + 11,282,632,416.0 - 18,016.0 \times 74.1^2 = 1.140E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (978.689 / 11,398,455,525.2) \times (2,000.0/2 + 12.0 + 74.1) = 93.256 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 93.256 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

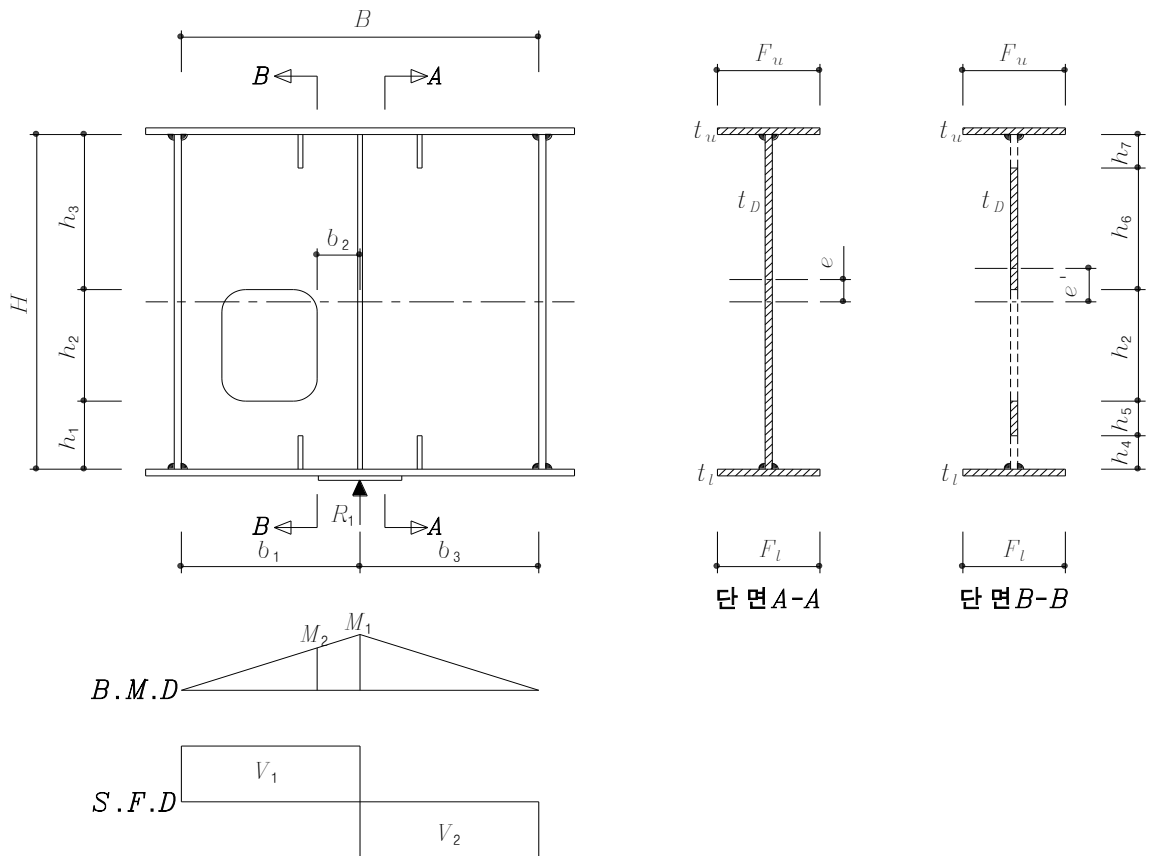
$$u = 1,231.055 / (8,480.0 + 3,680.0) = 101.238 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 101.238 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

8. DIAPHRAGM의 설계

8.2 지점부 DIAPHRAGM 응력검토

(2) 교각부-1슈 (절점 46)



(단위 : mm)

B	H	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	b ₁	b ₂	b ₃
2,400	2,800	350	1,200	1,250	0	350	1,130	120	1,200	395	1,200

t _u	t _D	t _l	F _u	F _l	R ₁ (kN)	R ₂ (kN)	M ₁ (kN·m)	M ₂ (kN·m)	V ₁ (kN)	V ₂ (kN)
18	26	28	432	672	7,090.453	0.000	4,254.3	2,853.9	3,545.2	-3,545.2

▪ 단면 A-A 응력검토

구분	규격	A _s (mm ²)	Y(mm)	A _s ·Y(mm ³)	A _s ·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 432.0 × 18.0	7,776.0	1,409.0	1.096E+07	1.544E+10	2.100E+05
Diaphragm	1 - 2,800.0 × 26.0	72,800.0	-	-	-	4.756E+10
LOWER FL.	1 - 672.0 × 28.0	18,816.0	-1,414.0	-2.661E+07	3.762E+10	1.229E+06
합계		99,392.0	-5.0	-1.565E+07	5.306E+10	4.756E+10

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = -15,649,440.0 / 99,392.0 = -157.452 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 47,564,105,930.7 + 53,058,180,192.0 - 99,392.0 \times (-157.5)^2 = 9.816E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (4,254.272 / 98,158,255,090.9) \times (2,800.0/2 + 18.0 + -157.5) = 54.633 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 54.633 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 3,545.2 / 72,800.0 = 48.698 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 48.698 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 2축 응력상태의 검토

(도.설.해 3.8.2.5)

$f_v = 144.821 \text{ MPa}$ 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a} \right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \cdot \left(\frac{f_l}{f_a} \right) + \left(\frac{f_l}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2$$

$$(144.82/215.0)^2 - (144.82/215.0) \times (54.63/215.0) + (54.63/215.0)^2 + (48.70/125.0)^2 = 0.499$$

$$\therefore \text{2축 응력} = 0.499 \leq 1.200 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 432.0 × 18.0	7,776.0	1,409.0	1.096E+07	1.544E+10	2.100E+05
Diaphragm	1 - 1,130.0 × 26.0	29,380.0	715.0	2.101E+07	1.502E+10	3.126E+09
Diaphragm	1 - 350.0 × 26.0	9,100.0	-1,225.0	-1.115E+07	1.366E+10	9.290E+07
LOWER FL.	1 - 672.0 × 28.0	18,816.0	-1,414.0	-2.661E+07	3.762E+10	1.229E+06
합 계		65,072.0	-515.0	-5.790E+06	8.173E+10	3.221E+09

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = -5,790,240.0 / 65,072.0 = -88.982 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 3,220,611,930.7 + 81,733,658,192.0 - 65,072.0 \times -89.0^2 = 8.444E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (2,853.907 / 84,439,042,693.7) \times (2,800.0/2 + 18.0 + -89.0) = 44.919 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 44.919 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 3,545.226 / (29,380.0 + 9,100.0) = 92.132 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 92.132 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

8. DIAPHRAGM의 설계

8.3 DIAPHRAGM 간격 및 응력검토

1) 다이아프램의 간격 및 강도 검토

개구율 $\rho = \sqrt{A'/A}$ A' : 개구부 면적, A : 총면적

구분		다이아프램의 간격 (m)			다이아프램 형식				강도 K (N·mm)		
		한계간격	적용간격	판정	A' (mm ²)	A (mm ²)	개구율	판정	필요강도	사용강도	판정
일반부	G1	6000.0	5000.0	0.K	810000.0	5984773.1	0.37	충복판식	2.777E+14	1.513E+15	0.K
	G2	6000.0	4998.4	0.K	810000.0	5985021.7	0.37	충복판식	2.777E+14	1.513E+15	0.K
A1	G1	6000.0	4449.0	0.K	600000.0	4800000.0	0.35	충복판식	1.186E+14	2.427E+15	0.K
	G2	6000.0	4413.4	0.K	600000.0	4800000.0	0.35	충복판식	1.186E+14	2.427E+15	0.K
P1	G1	6000.0	5000.0	0.K	720000.0	6720000.0	0.33	충복판식	4.225E+14	5.521E+15	0.K
	G2	6000.0	4998.4	0.K	720000.0	6720000.0	0.33	충복판식	4.225E+14	5.521E+15	0.K
P2	G1	6000.0	5000.0	0.K	720000.0	6720000.0	0.33	충복판식	4.225E+14	5.521E+15	0.K
	G2	6000.0	4998.4	0.K	720000.0	6720000.0	0.33	충복판식	4.225E+14	5.521E+15	0.K
A2	G1	6000.0	4449.0	0.K	600000.0	4800000.0	0.35	충복판식	1.186E+14	2.427E+15	0.K
	G2	6000.0	4416.5	0.K	600000.0	4800000.0	0.35	충복판식	1.186E+14	2.427E+15	0.K

2) 다이아프램의 응력검토

구분		휨 응 력 (MPa)				전 단 응 력 (MPa)				2축 합성응력도		
		단면A-A	단면B-B	허용응력	판정	단면A-A	단면B-B	허용응력	판정	작용	허용	판정
A1	G1	87.6	93.2	215.0	0.K	38.5	101.2	125.0	0.K	0.24	1.2	0.K
	G2	68.7	74.0	215.0	0.K	30.2	79.4	125.0	0.K	0.15	1.2	0.K
P1	G1	47.5	38.6	215.0	0.K	42.3	80.1	125.0	0.K	0.38	1.2	0.K
	G2	54.6	44.9	215.0	0.K	48.7	92.1	125.0	0.K	0.50	1.2	0.K
P2	G1	47.5	38.6	215.0	0.K	42.3	80.1	125.0	0.K	0.38	1.2	0.K
	G2	54.6	44.9	215.0	0.K	48.7	92.1	125.0	0.K	0.50	1.2	0.K
A2	G1	87.6	93.3	215.0	0.K	38.5	101.2	125.0	0.K	0.24	1.2	0.K
	G2	68.7	74.0	215.0	0.K	30.2	79.4	125.0	0.K	0.15	1.2	0.K

9. 전단연결재의 설계

9.1 강재와 바닥판 콘크리트(STUD)

1) 합성후 하중에 의한 수평 전단력

(도.설.해 3.9.5.2)

※ 고려하는 단면의 휨모멘트의 부호에 관계없이 바닥판 콘크리트의 단면을 유효로 하여 전단연결재의 계산을 하는 것으로 한다. (도.설.해 3.9.5.7)

여기서, S_v = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)	
$S_v = \frac{V \cdot Q_{vc}}{I_v}$	V = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)
$Q_{vc} = \frac{A_c}{n} \cdot d_{vc}$	Q_{vc} = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성 단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm ³)
	A_c = 바닥판 콘크리트 또는 철근의 단면적 (mm ²)
	I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm ⁴)
	d_{vc} = 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 또는 철근 도심까지 거리(mm)

※ V_d : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_A : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력을 제외한 전단력
(충격계수를 포함한 활하중 포함)

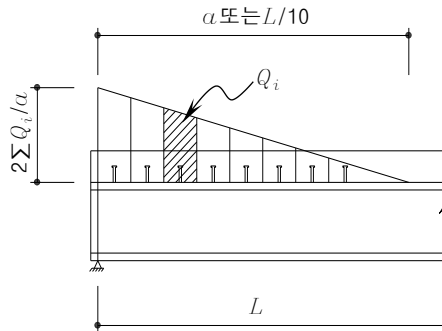
절점	단면 TYPE	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_d (kN)	V_A (kN)	V_d+V_A (kN)	S_v (N/mm)
1	1	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	279.4	895.1	1,174.6	567.8
2	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	213.6	766.3	979.9	422.1
3	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	116.8	567.3	684.0	294.6
4	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	28.1	457.1	485.2	209.0
5	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	70.2	432.5	502.7	216.5
6	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	156.6	525.5	682.2	293.8
7	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	243.4	634.7	878.1	371.7
8	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	329.5	762.1	1,091.6	462.1
9	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	403.5	872.7	1,276.2	480.9
10	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	442.2	978.2	1,420.3	485.3
11	6	220,500.0	866.9	1.911E+08	6.449E+11	553.2	1,145.3	1,698.5	503.5
12	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	468.6	1,058.7	1,527.3	521.8
13	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	430.4	959.7	1,390.1	523.9
14	7	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	356.3	849.2	1,205.5	503.5
15	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	270.3	724.1	994.5	422.7
16	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	182.9	614.1	797.1	338.8
17	9	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	95.3	517.7	612.9	252.5
18	9	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	7.0	431.6	438.6	180.6
19	9	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	95.2	517.4	612.6	252.3
20	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	182.9	613.9	796.8	338.7
21	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	270.3	723.9	994.2	422.6
22	7	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	356.3	848.8	1,205.1	503.3
23	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	430.3	959.3	1,389.6	523.7
24	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	468.6	1,058.6	1,527.2	521.8
25	6	220,500.0	866.9	1.911E+08	6.449E+11	554.3	1,150.3	1,704.7	505.3
26	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	442.1	977.9	1,420.0	485.2

절점	단면 TYPE	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
27	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	403.6	872.4	1,276.0	480.9
28	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	329.5	762.0	1,091.5	462.1
29	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	243.5	634.7	878.2	371.8
30	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	156.7	525.7	682.3	293.9
31	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	70.3	432.6	502.9	216.6
32	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	28.0	457.3	485.3	209.0
33	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	116.7	567.6	684.3	294.7
34	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	213.6	766.6	980.1	422.1
35	1	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	279.4	895.3	1,174.7	567.9
36	1	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	259.0	812.9	1,071.9	518.2
37	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	196.8	685.6	882.4	380.1
38	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	120.6	546.2	666.8	287.2
39	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	37.5	457.9	495.4	213.4
40	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	63.5	412.9	476.4	205.2
41	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	148.9	502.5	651.4	280.5
42	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	234.5	608.7	843.2	357.0
43	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	321.8	743.3	1,065.1	450.9
44	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	392.3	850.8	1,243.1	468.4
45	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	476.0	1,021.0	1,497.0	511.5
46	6	220,500.0	866.9	1.911E+08	6.449E+11	571.4	1,231.1	1,802.5	534.3
47	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	501.0	1,105.6	1,606.5	548.9
48	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	417.5	937.4	1,354.9	510.6
49	7	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	347.0	830.1	1,177.1	491.6
50	7	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	259.2	693.3	952.5	397.8
51	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	174.5	584.1	758.6	322.5
52	9	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	91.0	493.3	584.3	240.7
53	9	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	6.9	416.8	423.7	174.5
54	9	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	91.0	493.1	584.1	240.6
55	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	174.4	583.9	758.3	322.4
56	8	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	259.1	693.2	952.4	404.8
57	7	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	346.9	830.0	1,176.9	491.5
58	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	417.4	937.3	1,354.6	510.5
59	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	501.8	1,110.9	1,612.7	551.0
60	6	220,500.0	866.9	1.911E+08	6.449E+11	572.3	1,236.4	1,808.7	536.1
61	5	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	475.0	1,021.2	1,496.2	511.2
62	4	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	392.4	851.0	1,243.3	468.5
63	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	321.9	743.6	1,065.5	451.1
64	3	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	234.5	608.8	843.3	357.0
65	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	148.9	502.5	651.4	280.6
66	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	63.5	412.9	476.5	205.2
67	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	37.5	457.8	495.3	213.3

절점	단면 TYPE	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
68	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	120.5	546.2	666.7	287.2
69	2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	196.8	685.7	882.4	380.1
70	1	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	259.0	813.2	1,072.2	518.3

2) 건조수축 및 온도차에 의한 수평전단력

(도.설.해 3.9.5.3)



$$\begin{aligned}
 \text{주거더 간격 } a &= 2.400 \text{ m (시점부)} \\
 L / 10 &= 170.240 / 10 = 17.024 \text{ m} \\
 \therefore \text{전단 분포폭} &= 2.400 \text{ m (시점부)} \\
 \text{주거더 간격 } a &= 2.400 \text{ m (종점부)} \\
 L / 10 &= 170.240 / 10 = 17.024 \text{ m} \\
 \therefore \text{전단 분포폭} &= 2.400 \text{ m (종점부)}
 \end{aligned}$$

※ L 을 취하는 방법 : (1) 단순합성거더의 경우 L : 지간

(2) 연속합성거더의 경우 L : 지간의 합계

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (시점부)

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 8.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 24.0 \\
 A_s &= 116,160.0 \text{ mm}^2 & I_s &= 8.363E+10 \text{ mm}^4 \\
 A_c &= 3,024,000.0 \text{ mm}^2 & I_c &= 5.806E+10 \text{ mm}^4 \\
 d &= 1,251.0 \text{ mm} & & (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리}) \\
 p_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 205,000 \times 0.00027 \times 3,024,000 / 24.0 = 6.974E+06 \text{ N} \\
 E_s &= 205,000.0 \text{ MPa} & & (\text{강재의 탄성계수}) \\
 \epsilon_s &= 0.000270 & & (\text{콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율})
 \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n_2 \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n_2 \cdot I_s}}$$

$$F_2 = 1 + [1 + \{3,024,000 / (24 \times 116,160)\} + \{(3,024,000 \times 1,251^2) / (58,060,800,000 + 24.0 \times 83,631,299,838)\}] = 0.229$$

$$N_{cs} = p_2 \cdot F_2 = 6,974,100.0 \times 0.229 = 1.594E+06 \text{ N}$$

$$S_s = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 1,593,621.6 / 2.400 = 1,328.0 \text{ N/mm}$$

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (종점부)

$$\begin{aligned}
 n_2 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 8.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 24.0 \\
 A_s &= 116,160.0 \text{ mm}^2 & I_s &= 8.363E+10 \text{ mm}^4 \\
 A_c &= 3,024,000.0 \text{ mm}^2 & I_c &= 5.806E+10 \text{ mm}^4 \\
 d &= 1,251.0 \text{ mm} & & (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리}) \\
 p_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 205,000 \times 0.00027 \times 3,024,000 / 24.0 = 6.974E+06 \text{ N} \\
 E_s &= 205,000.0 \text{ MPa} & & (\text{강재의 탄성계수}) \\
 \epsilon_s &= 0.000270 & & (\text{콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율})
 \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n_2 \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n_2 \cdot I_s}}$$

$$F_2 = 1 + [1 + \{3,024,000/(24 \times 116,160)\} + \{(3,024,000 \times 1,251^2) / (58,060,800,000 + 24.0 \times 83,631,299,838)\}] = 0.229$$

$$N_{cs} = p_2 \cdot F_2 = 6,974,100.0 \times 0.229 = 1.594E+06 \text{ N}$$

$$S_s = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 1,593,621.6 / 2.400 = 1,328.0 \text{ N/mm}$$

▪ 온도차에 의한 전단력 (시점부)

$$n = 8.0$$

$$A_s = 116,160.0 \text{ mm}^2 \quad I_s = 8.363E+10 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 3,024,000.0 \text{ mm}^2 \quad I_c = 5.806E+10 \text{ mm}^4$$

$$d = 1,251.0 \text{ mm} \quad (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리})$$

$$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n = 205,000 \times 0.000012 \times 10.0 \times 3,024,000 / 8.0 = 9.299E+06 \text{ N}$$

$$E_s = 205,000.0 \text{ MPa} \quad (\text{강재의 탄성계수})$$

$$\alpha = 0.000012 \quad (\text{강재 및 콘크리트의 선팅창계수})$$

$$\Delta t = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차})$$

$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

$$F_1 = 1 + [1 + \{3,024,000/(8 \times 116,160)\} + \{(3,024,000 \times 1,251^2) / (58,060,800,000 + 8.0 \times 83,631,299,838)\}] = 0.093$$

$$N_{cs} = p_1 \cdot F_2 = 9,298,800.0 \times 0.093 = 8.640E+05 \text{ N}$$

$$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 863,975.2 / 2.400 = 720.0 \text{ N/mm}$$

▪ 온도차에 의한 전단력 (중점부)

$$n = 8.0$$

$$A_s = 116,160.0 \text{ mm}^2 \quad I_s = 8.363E+10 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 3,024,000.0 \text{ mm}^2 \quad I_c = 5.806E+10 \text{ mm}^4$$

$$d = 1,251.0 \text{ mm} \quad (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리})$$

$$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n = 205,000 \times 0.000012 \times 10.0 \times 3,024,000 / 8.0 = 9.299E+06 \text{ N}$$

$$E_s = 205,000.0 \text{ MPa} \quad (\text{강재의 탄성계수})$$

$$\alpha = 0.000012 \quad (\text{강재 및 콘크리트의 선팅창계수})$$

$$\Delta t = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차})$$

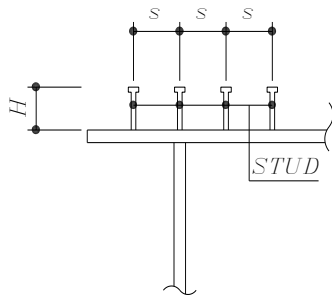
$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

$$F_1 = 1 + [1 + \{3,024,000/(8 \times 116,160)\} + \{(3,024,000 \times 1,251^2) / (58,060,800,000 + 8.0 \times 83,631,299,838)\}] = 0.093$$

$$N_{cs} = p_1 \cdot F_2 = 9,298,800.0 \times 0.093 = 8.640E+05 \text{ N}$$

$$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 863,975.2 / 2.400 = 720.0 \text{ N/mm}$$

3) STUD의 설계



$$\begin{aligned}
 s_{min} &= 90.0 \text{ mm} \quad (s : \text{STUD의 횡방향 최소간격}) \\
 d &= 25.0 \text{ mm} \quad (d : \text{STUD의 직경}) \\
 H &= 150.0 \text{ mm} \quad (H : \text{STUD의 전높이}) \\
 n &= 11 \text{ 본} \quad (n : \text{STUD의 횡방향 개수})
 \end{aligned}$$

STUD의 허용전단력

(도.설.해 3.9.5.6)

※ 전단연결재의 허용전단력은 다음 식으로 계산하고 바닥판 콘크리트와 강재 주거더의 플랜지 사이의 부착력은 무시한다.

$$\begin{aligned}
 H/d &= 150.0 / 25.0 = 6.000 \geq 5.50 \\
 Q_a &= 9.50 \times d^2 \times \sqrt{f_{ck}} = 30,852.2 \text{ N/본} \quad \because f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 \Sigma Q_a &= 30,852.2 \times 11.0 = 339,373.7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

여기서, Q_a : 전단연결재의 허용전단력(N)

H : 스터드의 전 높이로서 150mm 정도를 표준으로 한다. (mm)

d : 스터드의 줄기의 지름으로서 19mm, 22mm, 25mm로 한다. (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도 (MPa)

4) 하중조합 및 STUD의 배치

STUD의 배치간격

$$d_o = \Sigma Q_a / S \quad (S : \text{수평전단력})$$

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t				
1	567.8	1,328.0	720.0	1,287.8	2,048.0	165.7mm	125.0mm	0.K !!	A1
2	422.1	0.0	0.0	422.1	0.0	804.1mm	250.0mm	0.K !!	
3	294.6	0.0	0.0	294.6	0.0	1151.9mm	250.0mm	0.K !!	
4	209.0	0.0	0.0	209.0	0.0	1624.0mm	600.0mm	0.K !!	
5	216.5	0.0	0.0	216.5	0.0	1567.4mm	600.0mm	0.K !!	
6	293.8	0.0	0.0	293.8	0.0	1155.1mm	600.0mm	0.K !!	
7	371.7	0.0	0.0	371.7	0.0	912.9mm	600.0mm	0.K !!	
8	462.1	0.0	0.0	462.1	0.0	734.4mm	600.0mm	0.K !!	
9	480.9	0.0	0.0	480.9	0.0	705.7mm	600.0mm	0.K !!	
10	485.3	0.0	0.0	485.3	0.0	699.3mm	600.0mm	0.K !!	
11	503.5	0.0	0.0	503.5	0.0	구멍강판 지벨 적용			P1
12	521.8	0.0	0.0	521.8	0.0	650.4mm	600.0mm	0.K !!	
13	523.9	0.0	0.0	523.9	0.0	647.8mm	600.0mm	0.K !!	
14	503.5	0.0	0.0	503.5	0.0	674.1mm	600.0mm	0.K !!	
15	422.7	0.0	0.0	422.7	0.0	802.8mm	600.0mm	0.K !!	
16	338.8	0.0	0.0	338.8	0.0	1001.6mm	600.0mm	0.K !!	
17	252.5	0.0	0.0	252.5	0.0	1344.2mm	600.0mm	0.K !!	
18	180.6	0.0	0.0	180.6	0.0	1878.7mm	600.0mm	0.K !!	

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요 간격 d _o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t				
19	252.3	0.0	0.0	252.3	0.0	1345.0mm	600.0mm	0.K !!	
20	338.7	0.0	0.0	338.7	0.0	1001.9mm	600.0mm	0.K !!	
21	422.6	0.0	0.0	422.6	0.0	803.0mm	600.0mm	0.K !!	
22	503.3	0.0	0.0	503.3	0.0	674.3mm	600.0mm	0.K !!	
23	523.7	0.0	0.0	523.7	0.0	648.0mm	600.0mm	0.K !!	
24	521.8	0.0	0.0	521.8	0.0	650.4mm	600.0mm	0.K !!	
25	505.3	0.0	0.0	505.3	0.0	구멍강판 지벨 적용			P2
26	485.2	0.0	0.0	485.2	0.0	699.5mm	600.0mm	0.K !!	
27	480.9	0.0	0.0	480.9	0.0	705.8mm	600.0mm	0.K !!	
28	462.1	0.0	0.0	462.1	0.0	734.4mm	600.0mm	0.K !!	
29	371.8	0.0	0.0	371.8	0.0	912.9mm	600.0mm	0.K !!	
30	293.9	0.0	0.0	293.9	0.0	1154.8mm	600.0mm	0.K !!	
31	216.6	0.0	0.0	216.6	0.0	1566.9mm	600.0mm	0.K !!	
32	209.0	0.0	0.0	209.0	0.0	1623.5mm	600.0mm	0.K !!	
33	294.7	0.0	0.0	294.7	0.0	1151.4mm	600.0mm	0.K !!	
34	422.1	0.0	0.0	422.1	0.0	803.9mm	250.0mm	0.K !!	
35	567.9	0.0	0.0	567.9	0.0	597.6mm	125.0mm	0.K !!	A2
36	518.2	0.0	0.0	518.2	0.0	654.9mm	125.0mm	0.K !!	A1
37	380.1	0.0	0.0	380.1	0.0	892.9mm	250.0mm	0.K !!	
38	287.2	0.0	0.0	287.2	0.0	1181.7mm	250.0mm	0.K !!	
39	213.4	0.0	0.0	213.4	0.0	1590.7mm	600.0mm	0.K !!	
40	205.2	0.0	0.0	205.2	0.0	1654.0mm	600.0mm	0.K !!	
41	280.5	0.0	0.0	280.5	0.0	1209.7mm	600.0mm	0.K !!	
42	357.0	0.0	0.0	357.0	0.0	950.7mm	600.0mm	0.K !!	
43	450.9	0.0	0.0	450.9	0.0	752.6mm	600.0mm	0.K !!	
44	468.4	0.0	0.0	468.4	0.0	724.5mm	600.0mm	0.K !!	
45	511.5	0.0	0.0	511.5	0.0	663.5mm	600.0mm	0.K !!	
46	534.3	0.0	0.0	534.3	0.0	구멍강판 지벨 적용			P1
47	548.9	0.0	0.0	548.9	0.0	618.3mm	600.0mm	0.K !!	
48	510.6	0.0	0.0	510.6	0.0	664.7mm	600.0mm	0.K !!	
49	491.6	0.0	0.0	491.6	0.0	690.3mm	600.0mm	0.K !!	
50	397.8	0.0	0.0	397.8	0.0	853.1mm	600.0mm	0.K !!	
51	322.5	0.0	0.0	322.5	0.0	1052.4mm	600.0mm	0.K !!	
52	240.7	0.0	0.0	240.7	0.0	1410.1mm	600.0mm	0.K !!	
53	174.5	0.0	0.0	174.5	0.0	1944.6mm	600.0mm	0.K !!	
54	240.6	0.0	0.0	240.6	0.0	1410.7mm	600.0mm	0.K !!	
55	322.4	0.0	0.0	322.4	0.0	1052.8mm	600.0mm	0.K !!	
56	404.8	0.0	0.0	404.8	0.0	838.3mm	600.0mm	0.K !!	
57	491.5	0.0	0.0	491.5	0.0	690.5mm	600.0mm	0.K !!	
58	510.5	0.0	0.0	510.5	0.0	664.8mm	600.0mm	0.K !!	
59	551.0	0.0	0.0	551.0	0.0	615.9mm	600.0mm	0.K !!	

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요 간격 d _o	배치 간격	비 고	
	S _v	S _s	S _t	S _v +S _t	S _s +S _t				
60	536.1	0.0	0.0	536.1	0.0	구멍강판 지벨 적용			P2
61	511.2	0.0	0.0	511.2	0.0	663.9mm	600.0mm	0.K !!	
62	468.5	0.0	0.0	468.5	0.0	724.3mm	600.0mm	0.K !!	
63	451.1	0.0	0.0	451.1	0.0	752.4mm	600.0mm	0.K !!	
64	357.0	0.0	0.0	357.0	0.0	950.5mm	600.0mm	0.K !!	
65	280.6	0.0	0.0	280.6	0.0	1209.6mm	600.0mm	0.K !!	
66	205.2	0.0	0.0	205.2	0.0	1653.7mm	600.0mm	0.K !!	
67	213.3	0.0	0.0	213.3	0.0	1590.8mm	600.0mm	0.K !!	
68	287.2	0.0	0.0	287.2	0.0	1181.8mm	600.0mm	0.K !!	
69	380.1	0.0	0.0	380.1	0.0	892.9mm	250.0mm	0.K !!	
70	518.3	1,328.0	720.0	1,238.3	2,048.0	165.7mm	125.0mm	0.K !!	A2

5) STUD 배치 간격 검토

(도.설.해 3.9.5.4, 3.9.5.5)

STUD의 최대간격

※ 전단연결재의 최대 간격은 바닥판 콘크리트의 두께의 3배로 하고 600mm를 넘지 않도록한다.

다만, 연속교의 내부지점부의 경우 높은 인장응력이 발생하는 곳의 전단연결재 설치를 피하기 위해 이 간격을 넓힐 수도 있다.

최대 간격 $\Rightarrow$ 바닥판 두께의 3배 $= 480.0 \times 3 = 1,440.0 \text{ mm}$ 또는 $600.0 \text{ mm} \Rightarrow 600.0 \text{ mm}$ 적용
 적용 최대 간격 $= 250.0 \text{ mm} \leq 600.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$

STUD의 최소간격

- 교축방향 : $5 \cdot d = 125.0 \text{ mm}$ 또는 $100.0 \text{ mm} \leq 125.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$
- 교축직각방향 : $d+30 = 55.0 \text{ mm} \leq 90.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$
- 최소연단순간격 : $25.0 \text{ mm} \leq 120.0 - 12.5 = 107.5 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$

6) 전단연결재의 피로설계

(도.설.해 3.9.5.9)

수평전단력 범위

여기서, S_r = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V_r = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)

Q = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성 단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

$S_r = \frac{V_r \cdot Q}{I_v}$

A_c = 바닥판 콘크리트의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면의 도심에서 바닥판 콘크리트 도심까지의 거리 (mm)

허용수평전단력 범위

$$Z_r = \beta \cdot d^2 \Rightarrow 39.0 \times 25.0^2 = 24,375.0 \text{ N (DB 하중의 경우)}$$

$$\Rightarrow 74.0 \times 25.0^2 = 46,250.0 \text{ N (DL 하중의 경우)}$$

여기서, Z_r : 전단연결재의 허용수평 전단력 범위 (N)

β : 39.0 (하중 반복회수 : DB 하중 = 2,000,000이상)

74.0 (하중 반복회수 : DL 하중 = 500,000.0)

피로를 고려한 전단연결재의 필요간격

$$d_o = \sum Z_r / S_r$$

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DB하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	ΣZ_r (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고
1	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	9.460E+05	457.3	11	2.681E+05	586.3mm	125.0mm	0.K
2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.319E+05	358.3	11	2.681E+05	748.3mm	250.0mm	0.K
3	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.939E+05	341.9	11	2.681E+05	784.1mm	250.0mm	0.K
4	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.991E+05	344.2	11	2.681E+05	779.0mm	600.0mm	0.K
5	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.986E+05	344.0	11	2.681E+05	779.5mm	600.0mm	0.K
6	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.074E+05	347.7	11	2.681E+05	771.0mm	600.0mm	0.K
7	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.286E+05	350.8	11	2.681E+05	764.3mm	600.0mm	0.K
8	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.429E+05	356.8	11	2.681E+05	751.4mm	600.0mm	0.K
9	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.503E+05	320.5	11	2.681E+05	836.7mm	600.0mm	0.K
10	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	9.174E+05	313.5	11	2.681E+05	855.4mm	600.0mm	0.K
11	구멍강판 지벨 적용										
12	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	9.265E+05	316.6	11	2.681E+05	847.0mm	600.0mm	0.K
13	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.840E+05	333.1	11	2.681E+05	804.9mm	600.0mm	0.K
14	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	8.770E+05	366.3	11	2.681E+05	732.0mm	600.0mm	0.K
15	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.666E+05	368.4	11	2.681E+05	727.8mm	600.0mm	0.K
16	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.508E+05	361.7	11	2.681E+05	741.3mm	600.0mm	0.K
17	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.324E+05	342.8	11	2.681E+05	782.1mm	600.0mm	0.K
18	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.272E+05	340.7	11	2.681E+05	787.0mm	600.0mm	0.K
19	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.323E+05	342.8	11	2.681E+05	782.1mm	600.0mm	0.K
20	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.507E+05	361.6	11	2.681E+05	741.4mm	600.0mm	0.K
21	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.666E+05	368.4	11	2.681E+05	727.8mm	600.0mm	0.K
22	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	8.770E+05	366.3	11	2.681E+05	732.0mm	600.0mm	0.K
23	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.839E+05	333.1	11	2.681E+05	805.0mm	600.0mm	0.K
24	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	9.303E+05	317.9	11	2.681E+05	843.5mm	600.0mm	0.K
25	구멍강판 지벨 적용										
26	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	9.212E+05	314.8	11	2.681E+05	851.8mm	600.0mm	0.K
27	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.503E+05	320.5	11	2.681E+05	836.7mm	600.0mm	0.K
28	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.431E+05	356.9	11	2.681E+05	751.2mm	600.0mm	0.K
29	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.287E+05	350.8	11	2.681E+05	764.3mm	600.0mm	0.K
30	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.074E+05	347.8	11	2.681E+05	771.0mm	600.0mm	0.K
31	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.987E+05	344.0	11	2.681E+05	779.4mm	600.0mm	0.K
32	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.992E+05	344.2	11	2.681E+05	779.0mm	600.0mm	0.K
33	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.941E+05	342.0	11	2.681E+05	784.0mm	600.0mm	0.K
34	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.322E+05	358.4	11	2.681E+05	748.1mm	250.0mm	0.K
35	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	8.763E+05	423.6	11	2.681E+05	632.9mm	125.0mm	0.K
36	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	7.722E+05	373.3	11	2.681E+05	718.3mm	125.0mm	0.K
37	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.722E+05	332.6	11	2.681E+05	806.2mm	250.0mm	0.K
38	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.918E+05	341.1	11	2.681E+05	786.2mm	250.0mm	0.K
39	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.942E+05	342.1	11	2.681E+05	783.9mm	600.0mm	0.K
40	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.894E+05	340.0	11	2.681E+05	788.6mm	600.0mm	0.K

절점	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고
41	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.947E+05	342.3	11	2.681E+05	783.3mm	600.0mm	0.K
42	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.139E+05	344.6	11	2.681E+05	778.2mm	600.0mm	0.K
43	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.248E+05	349.2	11	2.681E+05	767.9mm	600.0mm	0.K
44	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.333E+05	314.0	11	2.681E+05	853.8mm	600.0mm	0.K
45	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	8.927E+05	305.0	11	2.681E+05	879.0mm	600.0mm	0.K
46	구멍강판 지벨 적용										
47	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	9.251E+05	316.1	11	2.681E+05	848.3mm	600.0mm	0.K
48	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.728E+05	328.9	11	2.681E+05	815.2mm	600.0mm	0.K
49	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	8.586E+05	358.6	11	2.681E+05	747.7mm	600.0mm	0.K
50	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	8.503E+05	355.1	11	2.681E+05	755.1mm	600.0mm	0.K
51	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.387E+05	356.5	11	2.681E+05	752.0mm	600.0mm	0.K
52	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.246E+05	339.6	11	2.681E+05	789.5mm	600.0mm	0.K
53	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.203E+05	337.9	11	2.681E+05	793.6mm	600.0mm	0.K
54	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.247E+05	339.7	11	2.681E+05	789.4mm	600.0mm	0.K
55	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.387E+05	356.6	11	2.681E+05	752.0mm	600.0mm	0.K
56	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.503E+05	361.5	11	2.681E+05	741.7mm	600.0mm	0.K
57	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	8.588E+05	358.7	11	2.681E+05	747.6mm	600.0mm	0.K
58	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.728E+05	328.9	11	2.681E+05	815.1mm	600.0mm	0.K
59	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	9.296E+05	317.6	11	2.681E+05	844.2mm	600.0mm	0.K
60	구멍강판 지벨 적용										
61	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	8.972E+05	306.6	11	2.681E+05	874.6mm	600.0mm	0.K
62	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	8.334E+05	314.1	11	2.681E+05	853.7mm	600.0mm	0.K
63	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.250E+05	349.3	11	2.681E+05	767.7mm	600.0mm	0.K
64	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.140E+05	344.6	11	2.681E+05	778.0mm	600.0mm	0.K
65	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.948E+05	342.3	11	2.681E+05	783.3mm	600.0mm	0.K
66	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.894E+05	340.0	11	2.681E+05	788.6mm	600.0mm	0.K
67	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.942E+05	342.1	11	2.681E+05	783.9mm	600.0mm	0.K
68	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.919E+05	341.1	11	2.681E+05	786.1mm	600.0mm	0.K
69	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.721E+05	332.5	11	2.681E+05	806.3mm	250.0mm	0.K
70	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	3.489E+05	168.6	11	2.681E+05	1589.9mm	125.0mm	0.K

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고
1	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	1.063E+06	514.0	11	5.088E+05	989.7mm	125.0mm	0.K
2	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	9.767E+05	420.7	11	5.088E+05	1209.3mm	250.0mm	0.K
3	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.415E+05	362.4	11	5.088E+05	1403.7mm	250.0mm	0.K
4	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.873E+05	339.1	11	5.088E+05	1500.3mm	600.0mm	0.K
5	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.798E+05	335.9	11	5.088E+05	1514.7mm	600.0mm	0.K
6	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.949E+05	342.4	11	5.088E+05	1486.0mm	600.0mm	0.K
7	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.509E+05	360.2	11	5.088E+05	1412.2mm	600.0mm	0.K

절점	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고
8	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	9.211E+05	390.0	11	5.088E+05	1304.6mm	600.0mm	0.K
9	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	9.697E+05	365.4	11	5.088E+05	1392.2mm	600.0mm	0.K
10	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.102E+06	376.6	11	5.088E+05	1351.0mm	600.0mm	0.K
11	구멍강판 지벨 적용										
12	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.197E+06	409.1	11	5.088E+05	1243.6mm	600.0mm	0.K
13	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	1.093E+06	411.8	11	5.088E+05	1235.6mm	600.0mm	0.K
14	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	1.030E+06	430.2	11	5.088E+05	1182.5mm	600.0mm	0.K
15	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	9.586E+05	407.5	11	5.088E+05	1248.5mm	600.0mm	0.K
16	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.952E+05	380.6	11	5.088E+05	1336.8mm	600.0mm	0.K
17	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.534E+05	351.5	11	5.088E+05	1447.4mm	600.0mm	0.K
18	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.421E+05	346.8	11	5.088E+05	1466.8mm	600.0mm	0.K
19	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.533E+05	351.4	11	5.088E+05	1447.6mm	600.0mm	0.K
20	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.951E+05	380.5	11	5.088E+05	1337.0mm	600.0mm	0.K
21	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	9.585E+05	407.4	11	5.088E+05	1248.6mm	600.0mm	0.K
22	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	1.030E+06	430.2	11	5.088E+05	1182.7mm	600.0mm	0.K
23	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	1.093E+06	411.8	11	5.088E+05	1235.5mm	600.0mm	0.K
24	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.203E+06	411.1	11	5.088E+05	1237.4mm	600.0mm	0.K
25	구멍강판 지벨 적용										
26	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.106E+06	378.0	11	5.088E+05	1345.8mm	600.0mm	0.K
27	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	9.699E+05	365.5	11	5.088E+05	1391.9mm	600.0mm	0.K
28	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	9.215E+05	390.1	11	5.088E+05	1304.1mm	600.0mm	0.K
29	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.512E+05	360.4	11	5.088E+05	1411.8mm	600.0mm	0.K
30	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.951E+05	342.5	11	5.088E+05	1485.6mm	600.0mm	0.K
31	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.801E+05	336.0	11	5.088E+05	1514.2mm	600.0mm	0.K
32	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.876E+05	339.2	11	5.088E+05	1499.8mm	600.0mm	0.K
33	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.419E+05	362.6	11	5.088E+05	1403.0mm	600.0mm	0.K
34	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	9.775E+05	421.0	11	5.088E+05	1208.4mm	250.0mm	0.K
35	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	9.341E+05	451.5	11	5.088E+05	1126.7mm	125.0mm	0.K
36	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	8.636E+05	417.5	11	5.088E+05	1218.6mm	125.0mm	0.K
37	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.636E+05	372.0	11	5.088E+05	1367.7mm	250.0mm	0.K
38	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.098E+05	348.8	11	5.088E+05	1458.6mm	250.0mm	0.K
39	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.807E+05	336.2	11	5.088E+05	1513.1mm	600.0mm	0.K
40	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.656E+05	329.8	11	5.088E+05	1542.8mm	600.0mm	0.K
41	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.727E+05	332.8	11	5.088E+05	1528.7mm	600.0mm	0.K
42	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.256E+05	349.5	11	5.088E+05	1455.5mm	600.0mm	0.K
43	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	9.000E+05	381.0	11	5.088E+05	1335.2mm	600.0mm	0.K
44	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	9.462E+05	356.6	11	5.088E+05	1426.8mm	600.0mm	0.K
45	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.086E+06	371.1	11	5.088E+05	1370.9mm	600.0mm	0.K
46	구멍강판 지벨 적용										
47	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.218E+06	416.2	11	5.088E+05	1222.3mm	600.0mm	0.K
48	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	1.068E+06	402.5	11	5.088E+05	1263.9mm	600.0mm	0.K

절점	A_c/n (mm ²)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_v (mm ⁴)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고
49	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	1.001E+06	418.2	11	5.088E+05	1216.6mm	600.0mm	0.K
50	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	9.200E+05	384.2	11	5.088E+05	1324.1mm	600.0mm	0.K
51	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.583E+05	364.9	11	5.088E+05	1394.4mm	600.0mm	0.K
52	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.269E+05	340.6	11	5.088E+05	1493.7mm	600.0mm	0.K
53	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.177E+05	336.8	11	5.088E+05	1510.5mm	600.0mm	0.K
54	220,500.0	495.1	1.092E+08	2.651E+11	8.269E+05	340.6	11	5.088E+05	1493.7mm	600.0mm	0.K
55	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	8.582E+05	364.8	11	5.088E+05	1394.4mm	600.0mm	0.K
56	220,500.0	438.5	9.669E+07	2.274E+11	9.200E+05	391.1	11	5.088E+05	1300.8mm	600.0mm	0.K
57	220,500.0	477.7	1.053E+08	2.522E+11	1.001E+06	418.2	11	5.088E+05	1216.7mm	600.0mm	0.K
58	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	1.069E+06	402.8	11	5.088E+05	1263.2mm	600.0mm	0.K
59	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.230E+06	420.2	11	5.088E+05	1210.7mm	600.0mm	0.K
60	구멍강판 지벨 적용										
61	220,500.0	650.4	1.434E+08	4.197E+11	1.092E+06	373.0	11	5.088E+05	1364.0mm	600.0mm	0.K
62	220,500.0	583.6	1.287E+08	3.415E+11	9.464E+05	356.6	11	5.088E+05	1426.5mm	600.0mm	0.K
63	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	9.003E+05	381.1	11	5.088E+05	1334.8mm	600.0mm	0.K
64	220,500.0	482.9	1.065E+08	2.515E+11	8.258E+05	349.6	11	5.088E+05	1455.3mm	600.0mm	0.K
65	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.727E+05	332.8	11	5.088E+05	1528.6mm	600.0mm	0.K
66	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.657E+05	329.8	11	5.088E+05	1542.7mm	600.0mm	0.K
67	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	7.807E+05	336.3	11	5.088E+05	1513.0mm	600.0mm	0.K
68	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.098E+05	348.8	11	5.088E+05	1458.6mm	600.0mm	0.K
69	220,500.0	443.3	9.774E+07	2.269E+11	8.636E+05	372.0	11	5.088E+05	1367.8mm	250.0mm	0.K
70	378,000.0	294.1	1.112E+08	2.299E+11	4.204E+05	203.2	11	5.088E+05	2503.6mm	125.0mm	0.K

7) 전단연결재의 극한강도검토

(도.설.해 3.9.5.10)

- 전단연결재의 극한강도

$$V_u = 0.4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c}$$

$$= 0.4 \times 25.0^2 \times \sqrt{27.0 \times 28,693.4}$$

$$= 220,045.7 \text{ N} > A_{sc} f_u = \pi/4 \cdot d^2 \cdot f_u = 490.9 \times 410.0 = 201,258.3 \text{ N}$$

여기서, V_u : 전단연결재의 극한강도 (N) 단, $V_u \leq A_{sc} f_u$

d : 전단연결재의 지름 (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

A_{sc} : 전단연결재의 단면적 (mm²)

f_u : 전단연결재의 인장강도 (MPa)

- 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

※ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘은 다음 두 식의 값 중 작은 값을 취한다.

여기서, A_s : 덮개판을 포함하는 강재 단면의 총면적(mm²)

$$P_1 = A_s \cdot f_y$$

$$f_y : \text{사용된 강재의 최소 공칭항복응력 (MPa)} \quad [325.0 \text{ MPa}]$$

$$f_{ck} : \text{콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)}$$

$$P_2 = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_s$$

$$b : \text{슬래브의 유효폭 (mm)}$$

$$t_s : \text{콘크리트 슬래브의 두께 (mm)}$$

$$[280.0 \text{ mm}]$$

- 최대 부모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

여기서, A_r = 내부지점부 유효 슬래브 폭 내에 설치된 종방향 철근의
 $P_3 = A_r \cdot f_y$ 총단면적(mm²)
 f_y = 철근의 최소 항복응력(MPa) [400.0 MPa]

- 전단연결재 필요개수

여기서, N_1 : 최대 정모멘트부와 인접한 교대 지점부 사이의
 $N_1 = P/(\Phi V_u)$ 전단연결재 개수
 P : 슬래브에 작용하는 힘 P_1 또는 P_2 중 작은값(N)
 Φ : 감소계수 [0.85]
 $N_2 = (P+P_3)/(\Phi V_u)$ N_2 : 최대 정모멘트부와 인접한 최대부모멘트부 사이의
 전단연결재 개수

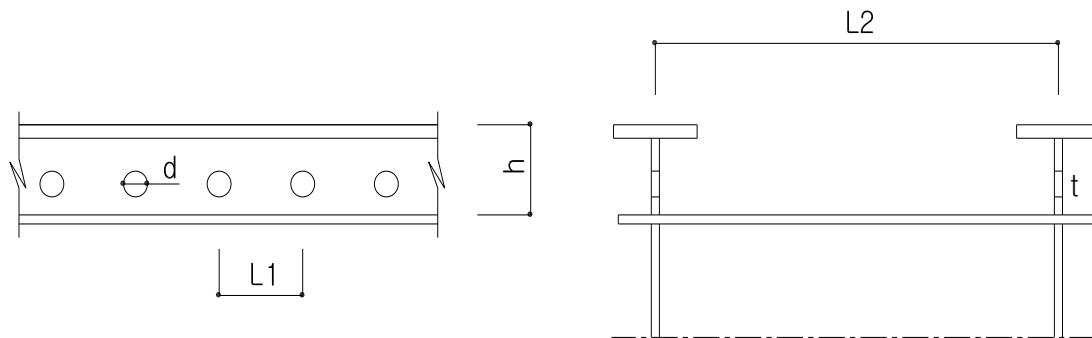
※ 구간별 전단연결재 필요개수 및 설치개수 검토

위 치 (절점번호)	b (mm)	A_s (mm ²)	A_r (mm ²)	P_1 (N)	P_2 (N)	P_3 (N)	필 요 개 수		설치 개수	비고
							N_1	N_2		
1 ~ 5	6,187.3	120,960.0	0.0	3.931E+07	3.976E+07	0.000E+00	230	-	715	0.K
5 ~ 11	6,187.3	120,960.0	38,321.5	3.931E+07	3.976E+07	1.533E+07	-	319	561	0.K
11 ~ 18	6,210.0	136,800.0	38,462.1	4.446E+07	3.991E+07	1.538E+07	-	323	660	0.K
18 ~ 25	6,210.0	136,800.0	38,462.1	4.446E+07	3.991E+07	1.538E+07	-	323	649	0.K
25 ~ 31	6,187.3	120,960.0	38,321.5	3.931E+07	3.976E+07	1.533E+07	-	319	572	0.K
31 ~ 35	6,187.3	120,960.0	0.0	3.931E+07	3.976E+07	0.000E+00	230	-	660	0.K
36 ~ 40	6,187.3	120,960.0	0.0	3.931E+07	3.976E+07	0.000E+00	230	-	715	0.K
40 ~ 46	6,187.3	120,960.0	38,321.5	3.931E+07	3.976E+07	1.533E+07	-	319	561	0.K
46 ~ 53	6,210.0	136,800.0	38,462.1	4.446E+07	3.991E+07	1.538E+07	-	323	660	0.K
53 ~ 60	6,210.0	136,800.0	38,462.1	4.446E+07	3.991E+07	1.538E+07	-	323	649	0.K
60 ~ 66	6,187.3	120,960.0	38,321.5	3.931E+07	3.976E+07	1.533E+07	-	319	572	0.K
66 ~ 70	6,187.3	120,960.0	0.0	3.931E+07	3.976E+07	0.000E+00	230	-	649	0.K

※ b , A_s , A_r 값은 구간내에서 가장 큰 값을 사용합니다.

9.2 강재와 바닥판 콘크리트(Bieup-구멍강판 지벨)

○ Bieup web 연결구조 설계



- 설계제원

구멍의 직경	d =	50	mm
구멍강판의 두께	t =	12	mm
콘크리트 압축강도	fck =	27	MPa
관통철근의 인장강도	fy =	400	MPa
강도감수계수	ρ =	0.7	
구멍의 중심간격	L1 =	200	mm
PBL지벨의 병렬배치간격	L2 =	2400	mm
PBL지벨 높이	h =	180	mm

① PBL(구멍강판)지벨 구조상세기준

- 구멍중심간격 : 구멍직경의 2.5배 이상

$$2.5 \times d = 2.5 \times 50 = 125 < L1 = 200 \quad \text{O.K. !}$$

- PBL지벨의 병렬배치간격 : PBL지벨 높이의 3배 정도 이상

$$3.0 \times h = 3.0 \times 180 = 540 < L2 = 2400 \quad \text{O.K. !}$$

② 1공의 전단허용력

- 관통철근이 있는 경우

$$\text{관통철근의 직경 } \Phi = 19 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 1.45 \times \{ (d^2 - \Phi^2) \times f_{ck} + \Phi^2 \times f_y \} - 26.1 \times 10^3 \\ &= 1.45 \times \{ (50^2 - 19^2) \times 27 + 19^2 \times 400 \} - 26.1 \times 10^3 \\ &= 267022 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Q_u = \rho \times Q_n = 0.7 \times 267022 = 186915 \text{ N/1공}$$

$$\therefore \text{거더당 구멍강판이 두개이므로 } 2 \times Q_u = 373831 \text{ N/1공}$$

$$51.0 \times 10^3 < (d^2 - \Phi^2) \times f_{ck} + \Phi \times f_y < 488.0 \times 10^3$$

$$51000 < 202153 < 488000 \quad \text{O.K. !}$$

1) 합성후 하중에 의한 수평 전단력

※ 고려하는 단면의 휨모멘트의 부호에 관계없이 바닥판 콘크리트의 단면을 유효로 하여 전단연결재의 계산을 하는 것으로 한다.

여기서, S_v = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

$$S_v = \frac{V \cdot Q_{vc}}{I_v}$$

V = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)

Q_{vc} = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성 단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

$$Q_{vc} = \frac{A_c}{n} \cdot d_{vc}$$

A_c = 바닥판 콘크리트 또는 철근의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 또는 철근 도심까지 거리(mm)

※ V_d : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_a : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력을 제외한 전단력

단면	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)	Q_v (N/1공)	Q_u (N/1공)	검 토
P1	220,500.0	866.9	1.911E+08	6.449E+11	553.2	1,145.3	1,698.5	503.5	1.007E+05	3.738E+05	OK
P2	220,500.0	866.9	1.911E+08	6.449E+11	554.3	1,150.3	1,704.7	505.3	1.011E+05	3.738E+05	OK

10. 사용성검토

10.1 피로 검토 (도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로, 국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 f_{sr} (MPa)

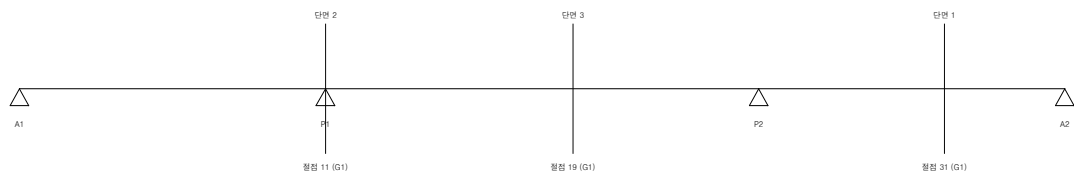
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

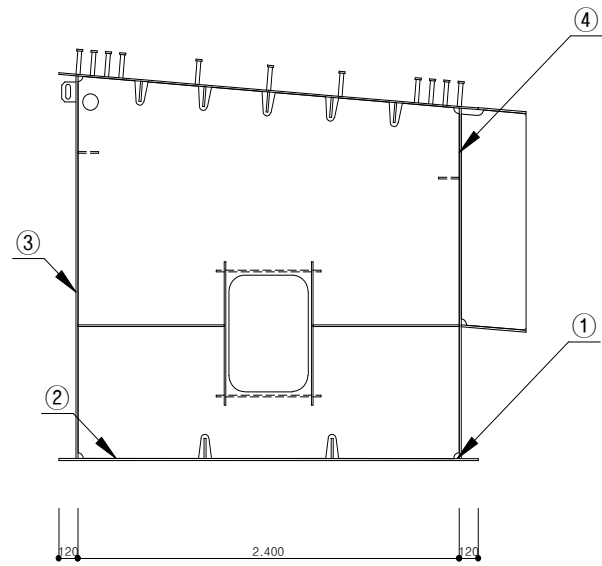
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



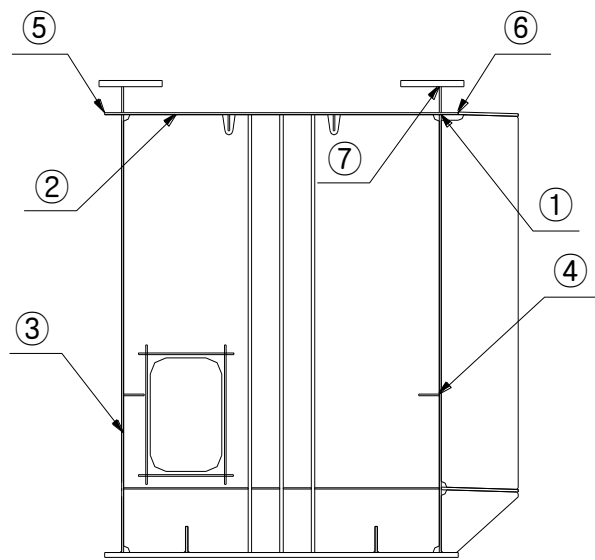
본 교량은 **주간선도로**에 속하는 **다재하경로** 구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



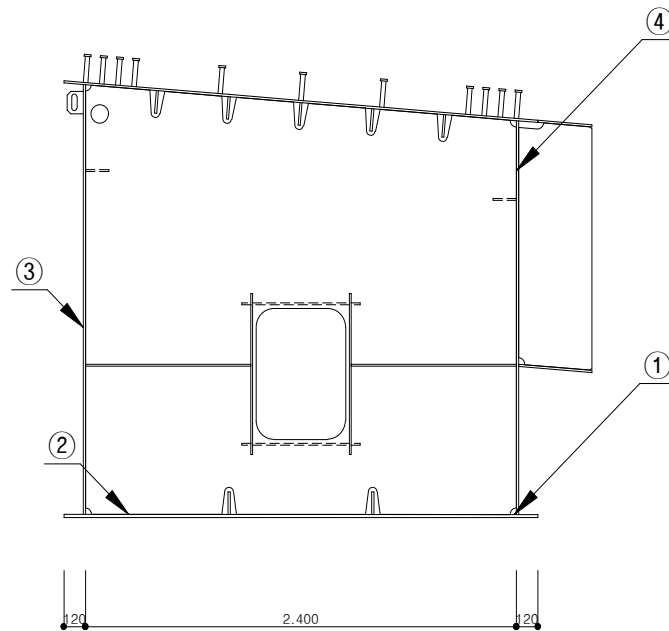
구분	상세	응력 범주	fsr (MPa)		비고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	
⑦	bieup F.L과 beiup web의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf : 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

$\Delta M = M_{\max} - M_{\min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	8969.918	10677.172	2.261E+11	1881.5	74.635	88.840	B	126	203	O.K.
②				1881.5	74.635	88.840	C	91	147	O.K.
③				987.5	39.172	46.628	E	56	91	O.K.
④				121.5	4.820	5.737	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	6708.121	14407.842	4.366E+11	1392.4	21.392	45.946	B	126	203	O.K.
②				1392.4	21.392	45.946	C	91	147	O.K.
③				414.6	6.370	13.681	E	56	91	O.K.
④				1392.4	21.392	45.946	E	56	91	O.K.
⑤				1401.4	21.530	46.243	E	56	91	O.K.
⑥				1392.4	21.392	45.946	C	91	147	O.K.
⑦				1548.4	23.788	51.093	C	126	203	O.K.

단면 III

구분	ΔM (kN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	8497.85	10624.949	2.643E+11	1828.5	58.801	73.520	B	126	203	O.K.
②				1828.5	58.801	73.520	C	91	147	O.K.
③				934.5	30.052	37.574	E	56	91	O.K.
④				68.5	2.203	2.754	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 60 을 설정 하였음

$$\Delta u = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

여기서, Δu : 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{\max} - S_{\min}$ (4.4 라. 피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

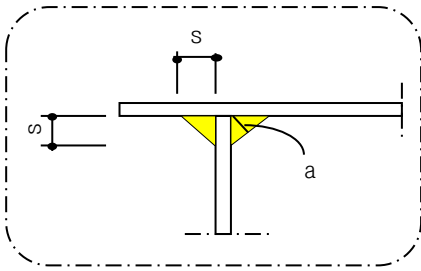
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 ($\text{mm} = 4EA \times s \sqrt{2}$)

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- Bieup 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	t_{bu} (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vbu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1643.844	34	400	13600	1447	1.965E+07	4.29E+11	8	22.6	3.3	63	OK
DL하중	2222.117									4.5	84	OK

- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1643.844	18	2640	47520	1392	6.612E+07	3.75E+11	6	17.0	17.1	63	OK
DL하중	2222.117									23.1	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsl} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비 고
DB하중	1643.844	28	2640	73920	1454	1.073E+08	3.75E+11	8	22.6	20.8	63	OK
DL하중	2222.117									28.1	84	OK

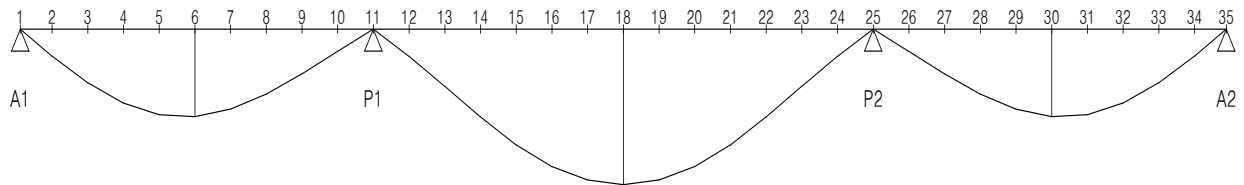
10.2 처짐 검토

충격하중을 포함한 활하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (도.설 3.2.3)

< Girder 1 >

(단위 : mm)

절점NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
처 짐 량	0.000	-11.686	-23.313	-32.090	-37.134	-38.003	-34.783	-28.236	-19.391	-9.619
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	0.000	-11.797	-24.842	-38.152	-50.281	-59.742	-65.559	-67.555	-65.565	-59.753
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	-50.295	-38.167	-24.854	-11.803	0.000	-9.631	-19.409	-28.259	-34.808	-38.028
절점NO.	31	32	33	34	35					
처 짐 량	-37.156	-32.107	-23.326	-11.689	0.000					



◆ 허용 처짐량

지간 길이 $L = 49.450 \text{ m}$

$$\delta_1 = 38.003 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 49.5 \text{ m} / 500 = 98.90 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 70.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 37.555 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 70.0 \text{ m} / 500 = 140.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

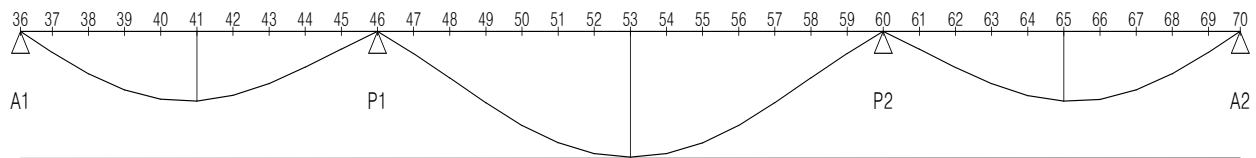
지간 길이 $L = 49.450 \text{ m}$

$$\delta_3 = 38.028 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 49.5 \text{ m} / 500 = 98.90 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점NO.	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
처 짐 량	0.000	-9.188	-18.448	-25.510	-29.652	-30.461	-27.972	-22.784	-15.683	-7.787
절점NO.	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
처 짐 량	0.000	-9.625	-20.300	-31.167	-41.013	-48.635	-53.319	-54.903	-53.327	-48.650
절점NO.	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
처 짐 량	-41.031	-31.186	-20.317	-9.636	0.000	-7.791	-15.693	-22.800	-27.993	-30.484
절점NO.	66	67	68	69	70					
처 짐 량	-29.674	-25.531	-18.467	-9.200	0.000					



◆ 허용 처짐량

지간 길이 $L = 49.450 \text{ m}$

$$\delta_1 = 30.461 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 49.5 \text{ m} / 500 = 98.90 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 70.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 54.903 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 70.0 \text{ m} / 500 = 140.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 49.450 \text{ m}$

$$\delta_3 = 30.484 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 49.5 \text{ m} / 500 = 98.90 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

11. 솟음(CAMBER)

< Girder 1 >

(단위 : mm)

절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정 하중	솟음량				비고
	Steel	Concrete		공장 제작시	현장 거치시	1차 고정하중 재하시	2차 고정하중 재하시	
	(1)	(2)		(1)~(3) 합계	(4)-(1)	(5)-(2)	(6)-(3)	
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
2	4.590	13.830	2.560	20.980	16.390	2.560	0.000	
3	8.700	26.340	4.880	39.920	31.220	4.880	0.000	
4	11.010	33.590	6.230	50.830	39.820	6.230	0.000	
5	11.170	34.630	6.450	52.250	41.080	6.450	0.000	
6	9.340	29.800	5.580	44.720	35.380	5.580	0.000	
7	6.080	20.670	3.920	30.670	24.590	3.920	0.000	
8	2.410	10.090	1.960	14.460	12.050	1.960	0.000	
9	-0.390	1.560	0.320	1.490	1.880	0.320	0.000	
10	-1.370	-2.210	-0.440	-4.020	-2.650	-0.440	0.000	
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
12	3.510	7.590	1.680	12.780	9.270	1.680	0.000	
13	9.260	21.000	4.520	34.780	25.520	4.520	0.000	
14	16.560	38.690	8.130	63.380	46.820	8.130	0.000	
15	24.160	57.470	11.890	93.520	69.360	11.890	0.000	
16	30.590	73.520	15.040	119.150	88.560	15.040	0.000	
17	34.770	83.980	17.070	135.820	101.050	17.070	0.000	
18	36.210	87.600	17.770	141.580	105.370	17.770	0.000	
19	34.740	83.960	17.070	135.770	101.030	17.070	0.000	
20	30.550	73.480	15.040	119.070	88.520	15.040	0.000	
21	24.100	57.420	11.880	93.400	69.300	11.880	0.000	
22	16.490	38.640	8.130	63.260	46.770	8.130	0.000	
23	9.210	20.970	4.520	34.700	25.490	4.520	0.000	
24	3.480	7.570	1.680	12.730	9.250	1.680	0.000	
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
26	-1.340	-2.200	-0.440	-3.980	-2.640	-0.440	0.000	
27	-0.340	1.590	0.320	1.570	1.910	0.320	0.000	
28	2.490	10.140	1.960	14.590	12.100	1.960	0.000	
29	6.180	20.730	3.920	30.830	24.650	3.920	0.000	
30	9.440	29.870	5.580	44.890	35.450	5.580	0.000	
31	11.270	34.710	6.450	52.430	41.160	6.450	0.000	
32	11.080	33.650	6.230	50.960	39.880	6.230	0.000	
33	8.760	26.390	4.870	40.020	31.260	4.870	0.000	
34	4.620	13.860	2.550	21.030	16.410	2.550	0.000	
35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정 하중	숫음량				비고
	Steel	Concrete		공장 제작시	현장 거치시	1차 고정하중 재하시	2차 고정하중 재하시	
	(1)	(2)	(3)	(1)~(3) 합계	(4)-(1)	(5)-(2)	(6)-(3)	
36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
37	3.880	11.780	2.020	17.680	13.800	2.020	0.000	
38	7.410	22.570	3.890	33.870	26.460	3.890	0.000	
39	9.400	28.900	5.010	43.310	33.910	5.010	0.000	
40	9.570	29.880	5.210	44.660	35.090	5.210	0.000	
41	7.990	25.740	4.510	38.240	30.250	4.510	0.000	
42	5.180	17.860	3.160	26.200	21.020	3.160	0.000	
43	2.000	8.670	1.550	12.220	10.220	1.550	0.000	
44	-0.420	1.240	0.210	1.030	1.450	0.210	0.000	
45	-1.240	-2.030	-0.400	-3.670	-2.430	-0.400	0.000	
46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
47	3.150	6.820	1.450	11.420	8.270	1.450	0.000	
48	8.250	18.770	3.880	30.900	22.650	3.880	0.000	
49	14.700	34.420	6.940	56.060	41.360	6.940	0.000	
50	21.380	50.950	10.100	82.430	61.050	10.100	0.000	
51	27.020	65.040	12.740	104.800	77.780	12.740	0.000	
52	30.680	74.200	14.430	119.310	88.630	14.430	0.000	
53	31.930	77.370	15.010	124.310	92.380	15.010	0.000	
54	30.650	74.180	14.430	119.260	88.610	14.430	0.000	
55	26.980	65.000	12.730	104.710	77.730	12.730	0.000	
56	21.330	50.900	10.090	82.320	60.990	10.090	0.000	
57	14.640	34.370	6.930	55.940	41.300	6.930	0.000	
58	8.200	18.720	3.870	30.790	22.590	3.870	0.000	
59	3.120	6.790	1.440	11.350	8.230	1.440	0.000	
60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
61	-1.210	-1.980	-0.390	-3.580	-2.370	-0.390	0.000	
62	-0.350	1.340	0.230	1.220	1.570	0.230	0.000	
63	2.120	8.840	1.590	12.550	10.430	1.590	0.000	
64	5.330	18.100	3.210	26.640	21.310	3.210	0.000	
65	8.170	26.060	4.580	38.810	30.640	4.580	0.000	
66	9.760	30.260	5.280	45.300	35.540	5.280	0.000	
67	9.600	29.330	5.090	44.020	34.420	5.090	0.000	
68	7.590	23.010	3.970	34.570	26.980	3.970	0.000	
69	4.000	12.080	2.070	18.150	14.150	2.070	0.000	
70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

● 신축이음의 설계 (정밀식)

(도.편 506.3.4.11, 도.설 2.44.2.2)

신축량 계산 및 설치유간

▶ A1

① 온도변화에 의한 이동량

$$\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L = \pm 25 \times 0.000012 \times 84.450 = 0.02534 \text{ m} = 25.3 \text{ mm}$$

여기서, ΔT : 온도변화 (50 ℃ : 보 통 지 방)

α : 선팅창계수 (0.000012 : 강 상로교)

L : 신축 GIRDER의 길이 (84.450 m)

(일반받침은 고정단으로 부터, 연직받침은 교량중심에서부터 거리)

② 건조수축에 의한 이동량

$$\Delta L_s = 0.0 \text{ mm} \text{ (강 상로교에서 고려하지 않음)}$$

③ 크리프에 의한 이동량

$$\Delta L_c = 0.0 \text{ mm} \text{ (강 상로교에서 고려하지 않음)}$$

④ 보의 처짐에 의한 이동량

$$\Delta L_r = 0.0 \text{ mm} \text{ (신축장 100m 이하 미고려)}$$

⑤ 설치유간 및 신축이음장치 규격결정

$$\begin{aligned} \text{수축량} &= \Delta L_t + \Delta L_s + \Delta L_c + \Delta L_r \\ &= 25.3 + 0.0 + 0.0 + 0.0 = 25.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{신장량} &= \Delta L_t \\ &= 25.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{설치유간} &= \text{수축량} + \text{신장량} + \text{설치여유량} + \text{부가여유량} \\ &= 25.3 + 25.3 + 11.0 + 10.0 = 71.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

여기서, 신축장 100m 미만 : 설치여유량 (기본 신축량의 20%), 부가여유량 (10mm)

신축장 100m 이상 : 설치여유량 (10mm), 부가여유량 (20mm)

=> 신축이음장치 NO.120, 최대허용신축량 120 mm O.K

⑥ 지진시 변위 검토 (도.편 511.1.4.1.(7))

우리나라는 지진 발생빈도가 낮고, 신축이음이 파손되는 경우도 대형사고가 발생할 우려 적음.

또한, 지진시 이동량의 예측은 매우 어렵기 때문에 이동량의 계산에 이를 고려하지 않는다.

▶ A2

① 온도변화에 의한 이동량

$$\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L = \pm 25 \times 0.000012 \times 84.450 = 0.02534 \text{ m} = 25.3 \text{ mm}$$

여기서, ΔT : 온도변화 (50 ℃ : 보 통 지 방)

α : 선팽창계수 (0.000012 : 강 상로교)

L : 신축 GIRDER의 길이 (84.450 m)

(일반받침은 고정단으로 부터, 연직받침은 교량중심에서부터 거리)

② 건조수축에 의한 이동량

$$\Delta L_s = 0.0 \text{ mm} \text{ (강 상로교에서 고려하지 않음)}$$

③ 크리프에 의한 이동량

$$\Delta L_c = 0.0 \text{ mm} \text{ (강 상로교에서 고려하지 않음)}$$

④ 보의 처짐에 의한 이동량

$$\Delta L_r = 0.0 \text{ mm} \text{ (신축장 100m 이하 미고려)}$$

⑤ 설치유간 및 신축이음장치 규격결정

$$\begin{aligned} \text{수축량} &= \Delta L_t + \Delta L_s + \Delta L_c + \Delta L_r \\ &= 25.3 + 0.0 + 0.0 + 0.0 = 25.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{신장량} &= \Delta L_t \\ &= 25.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{설치유간} = \text{수축량} + \text{신장량} + \text{설치여유량} + \text{부가여유량}$$

$$= 25.3 + 25.3 + 11.0 + 10.0 = 71.7 \text{ mm}$$

여기서, 신축장 100m 미만 : 설치여유량 (기본 신축량의 20%), 부가여유량 (10mm)

신축장 100m 이상 : 설치여유량 (10mm), 부가여유량 (20mm)

=> 신축이음장치 NO.120, 최대허용신축량 120 mm O.K

⑥ 지진시 변위 검토 (5 도.편 511.1.4.1.(7))

우리나라는 지진 발생빈도가 낮고, 신축이음이 파손되는 경우도 대형사고가 발생할 우려 적음.

또한, 지진시 이동량의 예측은 매우 어렵기 때문에 이동량의 계산에 이를 고려하지 않는다.